Het effect van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining op sprong, sprint en krachtprestaties

*Literatuurstudie*

Afbeelding met sport, vloer, binnen, oefentoestel

Automatisch gegenereerde beschrijving

Afbeelding met tekst

Automatisch gegenereerde beschrijving

|Hanzehogeschool groningen| Opleiding fysiotherapie

**Student: Niels Bouw**

**Studentnummer: 369739**

**Scriptiebegeleider/ supervisor: Ingrid Barelds-Nieuwenhuis**

**Datum/Date : 07-02-2023**

**Het effect van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining op sprong, sprint en krachtprestaties**

*Een literatuurstudie*

Bron omslagafbeelding: Niels Bouw

Naam: Niels Bouw

Studentnummer: 369739

Emailadres: n.bouw@st.hanze.nl

Opleiding: Fysiotherapie

Organisatie: Hanzehogeschool Groningen

Scriptie Begeleider: Ingrid Barelds-Nieuwenhuis

Opdrachtgever: Fysio Bakker

## Voorwoord

Beste lezer,

Voor u ligt mijn bachelor scriptie welke ik heb geschreven als afstudeeropdracht voor mijn opleiding Fysiotherapie aan de Hanzehogeschool Groningen. Het doel van dit onderzoek was om aan de hand van een literatuurstudie te bepalen wat het effect is van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining bij een gezonde populatie. In de periode van september 2022 tot en met februari 2023 is er gewerkt aan dit literatuuronderzoek in opdracht van Fysio Bakker.

Het onderwerp van de afstudeeropdracht is tot stand gekomen doordat de praktijk gebruik maakt van een flywheel als therapievorm. Wegens interesse vanuit mijzelf over de werking en het effect van deze therapievorm ben ik in overleg met mijn stageadres tot dit definitieve onderwerp gekomen.

Graag wil ik mijn afstudeerbegeleider tevens stagedocent Ingrid Barelds-Nieuwenhuis bedanken voor de begeleiding, feedback en prettige samenwerking. Daarnaast wil ik Fysio Bakker bedanken voor de leerzame stageperiode. Tot slot wil ik al mijn familie en vrienden bedanken voor de steun en motivatie welke ik heb ontvangen tijdens het schrijven van deze scriptie.

Ik wens u veel leesplezier,

Niels Bouw

Surhuisterveen, februari 2023

## Samenvatting

**Inleiding**: Traditioneel zijn krachttrainingsprogramma's gebaseerd op weerstandsoefeningen waarbij stimulatie wordt geboden door zwaartekracht. De effectiviteit van deze methoden wordt echter beperkt door minder activering tijdens de excentrische fase. Naar aanleiding van het positieve effect van excentrisch trainen is flywheel training ontwikkeld. Uit onderzoek blijkt dat er onvoldoende overzicht is in de effecten van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining op sprongprestaties, sprintsnelheid en kracht. Daarom is het doel van dit onderzoek om via een literatuurstudie inzicht te verkrijgen in het effect van flywheel training bij gezonde adolescenten en volwassenen op fysieke capaciteit. Daarbij luid de onderzoeksvraag *‘Wat is het effect van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten en volwassenen op spring prestaties, sprintsnelheid en kracht?’*

**Methode**: In Pubmed, PEDro en Cochrane werd in de periode van september 2022 tot en met februari 2023 gezocht naar Randomized Controlled Trials. Aan de hand van een PICO-vraag zijn er voor elke database verschillende zoekstrings opgesteld, hierbij is gebruik gemaakt van Booleaanse operatoren en MeSH-termen. Studies waarin flywheel training is vergeleken met traditionele krachttraining zijn vervolgens gefilterd op publicatiedatum, beschikbaarheid full-tekst, publicatie in het Engels en de aanwezigheid van sprongprestaties of sprintsnelheid of kracht als uitkomstmaat. Van de geïncludeerde studies is de methodologische kwaliteit beoordeeld aan de hand van de PEDro-schaal. Vervolgens zijn uit de geïncludeerde studies statistisch significante verschillen en effect-sizes geëxtraheerd welke zijn gebruikt om een Best Evidence Synthese (BES) te creëren. De BES werd gebruikt om de mate van bewijs te bepalen, daarnaast werd er gekeken naar consistentie tussen de verschillende resultaten.

**Resultaten**: Na het toepassen van de opgestelde inclusie en exclusiecriteria werden 7 studies geïncludeerd van hoge methodologische kwaliteit. De uitkomstmaten sprongprestaties en sprintsnelheid werden gemeten in zes van de zeven geïncludeerde studies. De uitkomstmaat kracht is niet gemeten in vier van de zeven studies. De Best Evidence Synthese toont dat er sterk bewijs is dat flywheel training een effectief hulpmiddel is voor het verbeteren van sprong prestaties en sprintsnelheid in vergelijking met traditionele krachttraining. Daarentegen is er gering bewijs dat er op de uitkomstmaat kracht geen verschil is tussen flywheel training en traditionele krachttraining.

**Conclusie**: Uit dit literatuuronderzoek is gebleken dat er sterk bewijs is dat flywheel training een groter effect heeft op verbetering van sprong prestaties en sprintsnelheid bij gezonde adolescenten en volwassenen in vergelijking met traditionele krachttraining. Daarentegen is er gering bewijs dat flywheel training gelijke effectiviteit heeft als traditionele krachttraining op de uitkomstmaat kracht.

**Trefwoorden**: Flywheel training, traditionele krachttraining, sprongprestaties, sprintsnelheid, kracht

## Abstract

**Introduction**: Traditionally, strength training programs have been based on resistance exercises where stimulation is provided by gravity. However, the effectiveness of these methods is limited by less activation during the eccentric phase. Flywheel training has been developed in response to the positive effect of eccentric training. Research shows that there is insufficient overview of the effects of flywheel training compared to traditional strength training on jump performance, sprint speed and strength. Therefore, the aim of this study is to gain insight into the effect of flywheel training in healthy adolescents and adults on physical capacity by means of a literature study. The research question is 'What is the effect of flywheel training compared to traditional strength training in healthy adolescents and adults on jumping performance, sprint speed and strength?'

**Method**: Pubmed, PEDro and Cochrane were searched for Randomized Controlled Trials in the period from September 2022 to February 2023. Based on a PICO question, different search strings were drawn up for each database, using Boolean operators and MeSH terms. Studies in which flywheel training was compared to traditional strength training were then filtered by date of publication, availability of full-text, publication in English and the presence of jump performance or sprint speed or strength as an outcome measure. The methodological quality of the included studies was assessed using the PEDro scale. Subsequently, statistically significant differences and effect sizes were extracted from the included studies and used to create a Best Evidence Synthesis (BES). The BES was used to determine the level of evidence, and consistency between the different results was also examined.

**Results**: After applying the established inclusion and exclusion criteria, 7 studies of high methodological quality were included. The outcome measures jump performance and sprint speed were measured in six of the seven included studies. The outcome measure strength was not measured in four of the seven studies. The Best Evidence Synthesis shows that there is strong evidence that flywheel training is an effective tool for improving jump performance and sprint speed compared to traditional strength training. In contrast, there is limited evidence that there is no difference between flywheel training and traditional strength training on the outcome measure strength.

**Conclusion**: This literature review has shown that there is strong evidence that flywheel training has a greater effect on improving jump performance and sprint speed in healthy adolescents and adults compared to traditional strength training. In contrast, there is limited evidence that flywheel training has the same effectiveness as traditional strength training on the outcome measure strength.

**Keywords**: Flyweel training, traditional strength training, jump performance, sprint speed, strength

Inhoudsopgave

[Voorwoord 3](#_Toc126661265)

[Samenvatting 4](#_Toc126661266)

[Abstract 5](#_Toc126661267)

[Inleiding 7](#_Toc126661268)

[Methode 9](#_Toc126661269)

[Databases en zoekstrategie 9](#_Toc126661270)

[Inclusie- en exclusiecriteria 10](#_Toc126661271)

[Beoordeling methodologische kwaliteit 10](#_Toc126661272)

[Data extractie 10](#_Toc126661273)

[Data-analyse 11](#_Toc126661274)

[Best Evidence Synthese 11](#_Toc126661275)

[Resultaten 12](#_Toc126661276)

[Selectieprocedure 12](#_Toc126661277)

[Methodologische kwaliteit 13](#_Toc126661278)

[Demografische gegevens 13](#_Toc126661279)

[Meetinstrumenten 14](#_Toc126661280)

[Resultaten analyse 14](#_Toc126661281)

[Best Evidence Synthese 14](#_Toc126661282)

[Discussie 20](#_Toc126661283)

[Conclusie 22](#_Toc126661284)

[Referentielijst 23](#_Toc126661285)

[Bijlage 1 25](#_Toc126661286)

[Bijlage 2 26](#_Toc126661287)

## Inleiding

Misschien heeft geen enkele andere beschaving krachttraining zo hoog in het vaandel gedragen als het oude Griekenland. Het idealisme fysieke perfectie doordrong de oude Griekse beschaving. De waardering voor schoonheid van het lichaam en het belang van gezondheid en fitheid in de hele samenleving is ongeëvenaard in de geschiedenis. De Grieken geloofden dat de ontwikkeling van het lichaam even belangrijk was als de ontwikkeling van de geest. Geestelijke gezondheid vereiste fysieke gezondheid en een gezonde geest vereiste een sterk en gezond lichaam. Zo schreef Hippocrates, ook wel de grondlegger van de geneeskunde genoemd, ”Dat wat wordt gebruikt, ontwikkeld zich. Dat wat niet wordt gebruikt, vergaat” (Grant, 1991)

Krachttraining was in de tijd van de Grieken en Romeinen al relevant en is tegenwoordig nog steeds erg belangrijk voor de gezondheid. Volgens de nieuwe beweegrichtlijnen (Commissie Beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad, 2017)zouden volwassenen wekelijks ten minste twee en een half uur matig intensief moeten bewegen en kinderen dagelijks minstens een uur. Ook worden voor beide groepen spier- en botversterkende activiteiten aanbevolen. Dit alles verlaagt het risico op chronische ziekten als diabetes, hart- en vaatziekten, depressieve symptomen en bij ouderen de kans op botbreuken (RIVM, 2011). Desondanks het belang van fysiek actief blijven wordt deze norm door een hoop mensen in Nederland niet behaald. Cijfers van het CBR laten zien dat in 2019 bijna de helft van de Nederlanders van 4 jaar of ouder voldeed aan de beweegrichtlijnen van de gezondheidsraad. Jongeren van 12 tot 18 jaar en mensen van 65 jaar of ouder voldeden minder vaak aan de richtlijn (CBR, 2020).

Onvoldoende fysieke activiteit heeft invloed op de kwaliteit van leven. Een verminderde kwaliteit van leven verhoogt de risico’s op arbeidsongeschiktheid, ziekenhuisopname of vroegtijdig overlijden. De sociaaleconomische lasten hiervan zijn groot (RIVM, 2011). Om deze lasten in de toekomst zo veel mogelijk te voorkomen heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (Rudnicka et al., 2020)een plan opgesteld voor gezond ouder worden, ook wel ‘Healthy Ageing’ genoemd. De WHO heeft gezond ouder worden gedefinieerd als een proces van het behouden van functioneel vermogen om welzijn op oudere leeftijd mogelijk te maken. Een onderdeel van het behouden van functioneel vermogen is het integreren van krachttraining in het dagelijkse leven.

Traditioneel zijn krachttrainingsprogramma's gebaseerd op weerstandsoefeningen waarbij stimulatie wordt geboden door zwaartekracht. De effectiviteit van deze methoden wordt echter beperkt door concentrische kracht, wat resulteert in minder activering tijdens de excentrische fase (Norrbrand et al., 2010). Voor krachttraining kunnen daarom ook oefeningen ingezet worden waarbij spieren worden geactiveerd tijdens de excentrische fase. Naar aanleiding van het positieve effect van excentrisch trainen is een nieuwe techniek ontwikkeld: flywheel training, ook wel inertietraining of kinetic training genoemd. Flywheel training is met succes toegepast binnen de ruimtevaart en is later geïntroduceerd in de sport- en revalidatiesetting (Fyzzio, 2022).

Het flywheel werkt als een soort jojo: met een concentrische beweging wordt het flywheel in beweging gebracht en rolt het koord af. Als het koord is afgewikkeld, draait de schijf door zodat het koord weer oprolt. Deze kracht moet door de patiënt met een excentrische contractie geremd worden. De variabele weerstand zorgt ervoor dat in elke hoek van het gewricht met een maximale output getraind kan worden. Hoe groter de concentrische trekkracht van de patiënt, des te meer weerstand beantwoord moet worden tijdens de excentrische beweging (Fyzzio, 2022).

Uit onderzoeken komen wisselende resultaten naar voren over het effect van flywheel training tegenover traditionele krachttraining op fysieke capaciteit. (Maroto-Izquierdo, García-López, Fernandez-Gonzalo, et al., 2017)rapporteerde een grotere mate van spierhypertrofie en fysieke prestaties na flywheel training in vergelijking met traditionele weerstandstraining. Tegenstrijdig rapporteerde (Vicens-Bordas et al., 2018a)geen verschillen tussen flywheel en traditionele weerstandstraining voor het vergroten van kracht. Dergelijke inconsistenties in de literatuur vormen niet alleen een uitdaging om definitieve aanbevelingen te doen, maar creëren ook onzekerheid over de richting van toekomstig onderzoek. Momenteel zijn er geen geschikte analyses of reviews van kwaliteit met het bewijs ter ondersteuning van het gebruik van flywheel training.

Kortom, er blijkt uit onderzoek dat er onvoldoende overzicht is in de effecten van flywheel training tegenover traditionele krachttraining op sprongprestaties, sprintsnelheid en kracht. Daarom is het doel van dit onderzoek om middels een literatuurstudie inzicht te verkrijgen in het effect van flywheel training bij gezonde adolescenten en volwassenen op fysieke capaciteit. Daarbij luid de onderzoeksvraag *‘Wat is het effect van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten en volwassenen op spring prestaties, sprintsnelheid en kracht?’*

## Methode

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag wordt een literatuuronderzoek gedaan in de vorm van een systematische review. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in de periode van september 2022 tot aan februari 2023.

### Databases en zoekstrategie

Eén recensent (NB) heeft het literatuuronderzoek uitgevoerd in de volgende databases: Pubmed, Pedro en Cochrane. De zoekactie is gestart met behulp van een Participant-Intervention-Comparison-Outcome (PICO)-vraag. Er zijn verschillende zoekacties uitgevoerd, daarin is eerst het aanbod van artikelen onderzocht in de richting van de PICO-vraag. Vervolgens is de zoekopdracht specifieker gemaakt, wat resulteert in minder resultaten en meer relevante artikelen. De gebruikte termen en synoniemen binnen deze zoekactie zijn weergegeven in tabel 1.

Aan de hand van de PICO-vraag zijn er vervolgens zoekacties gestart in de verschillende databases. Om het zoekgebied te vergroten is er gebruikt gemaakt van MeSH-termen. De verschillende onderdelen binnen de PICO waarbij geen geschikte MeSH-term is gevonden, zijn vervangen door meerdere specifieke termen om het zoekgebied te vergroten. Booleaanse operatoren "OR" en "AND" werden gebruikt om termen en synoniemen met elkaar te verbinden. De 'OR'-operator werd gebruikt om de verschillende termen die verband houden met de interventie uitwisselbaar te koppelen, en de 'AND'-operator werd gebruikt om de PICO-onderdelen te combineren. Daarnaast is er ook gebruik gemaakt van de filteropties waarbij er alleen werd gezocht op randomized controlled trials en artikelen met een maximale publicatiedatum van 10 jaar.Deze strategie is toegepast binnen de drie geselecteerde databases. De uiteindelijke zoekstring of gebruikte termen en synoniemen voor elke database zijn weergegeven in tabel 2.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Termen en synoniemen** |
| P | Healthy adolescence or adults |
| I | Inertial flywheel, Flywheel inertia training, Flywheel resistance training |
| C | Resistance training, traditional training |
| O | Muscle strength, hypertrophy, jump height, sprint speed |

***Tabel 1, PICO onderdelen***

***Tabel 2: Zoekstring per database***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zoekstring:** | **Database** | **Filters** |
| (("flywheel"[All Fields] OR "flywheel exercise"[All Fields] OR "flywheel inertia"[All Fields] OR "flywheel leg"[All Fields] OR "flywheel machine"[All Fields] OR "flywheel resistance"[All Fields] OR "flywheel squat"[All Fields] OR "flywheel strength"[All Fields] OR "flywheel training"[All Fields]) AND (resistance training [MeSH Terms])) AND (muscle strength[MeSH Terms]) | Pubmed | RCT en 10 years |
| ‘Fywheel’ AND ‘Resistance training’ | Cochrane Library | Publicatie maximaal 10 jaar |
| 1. ‘Flywheel’ AND ‘Fitnesstraining’ 2. ‘Flywheel’ AND ‘weight training’ | Pedro | Publicatie maximaal 10 jaar  Pedro score minimaal 4 |

### Inclusie- en exclusiecriteria

Gebruikmakend van het PICO proces voor evidence-based practice, werden de inclusie- en exclusiecriteria opgesteld. Deze zijn weergegeven in tabel 3.

***Tabel 3: Inclusie- en exclusiecriteria***

|  |  |
| --- | --- |
| **Inclusiecriteria** | **Exclusiecriteria** |
| Deelnemers zijn gezonde adolescenten of volwassenen zonder blessures. | Studies waarin geen gebruik wordt gemaakt van traditionele weerstandstraining als controlegroep. |
| Studies waarin een trainingsprogramma wordt beschreven aan de hand van flywheel training | Artikelen met een PEDro score lager dan 4. |
| Studies met één of meerdere uitkomstmaten: sprongprestaties, sprintsnelheid of repetition max. |  |
| Full-tekst verkrijgbaar. |  |
| Studies welke verkrijgbaar zijn in het Engels. |  |
| Randomized Controlled Trials (RCT’s). |  |

### Beoordeling methodologische kwaliteit

De Physiotherapie Evidence Database Scale (PEDro schaal) werd gebruikt om de kwaliteit van de opgenomen randomized controlled trials te bepalen. RCT’s werden geclassificeerd en gescoord door één onderzoeker (NB). De PEDro schaal bestaat uit elf verschillende items welke worden gebruikt om de interne validiteit van een RCT of CCT te bepalen. Item één wordt gebruikt om de externe validiteit te beoordelen, om deze reden werd dit item niet meegenomen in de uiteindelijke PEDro score. De tien overige items van de checklist werden beantwoord met ‘ja’ of ‘nee’, waarbij elke ‘ja’ gelijk was aan 1 punt. Dit meetinstrument heeft voldoende betrouwbaarheid aangetoond voor het gebruik van beoordelingen van RCT’s volgens (Maher et al., 2003). Binnen deze literatuurstudie zullen enkel onderzoeken worden geïncludeerd met een PEDro score van 4 of hoger. Uit het onderzoek van (Cashin & McAuley, 2020)blijkt dat scores van 4 of lager worden gezien als ‘poor’, scores van 5 worden gezien als ‘fair’, scores van 6 tot 8 worden beoordeeld als ‘good’ en scores van 9 of 10 worden beoordeeld als ‘excellent’. De uiteindelijke PEDro scores worden gebruikt binnen de beoordeling van de Best Evidence Synthese (BES).

### Data extractie

Na beoordeling van de methodologische kwaliteit van de opgenomen studies, werden relevante gegevens geëxtraheerd door één onderzoeker. Om mee te beginnen werden de eerste auteur en het publicatiejaar geëxtraheerd. Vervolgens werden er verschillende kenmerken van de onderzoekspopulatie geëxtraheerd als; het aantal deelnemers, de gemiddelde leeftijd, het aantal mannen en vrouwen in elke interventiegroep en het aantal uitvallers. Daarnaast werden de resultaten van de interventies, aantal interventies, significantie en de gebruikte klinimetrie van de studies geëxtraheerd. De klinimetrie wordt benoemd omdat er specifiek is gezocht op artikelen welke beschikken over minimaal 1 van de genoemde uitkomstmaten met de hierbij horende klinimetrie. De geëxtraheerde data zijn weergegeven in tabel 8 en 9 in de resultatensectie.

### Data-analyse

Om het behandeleffect van de toegepaste interventie op de uitkomstmaten te berekenen, is gekeken naar het gemiddelde verschil tussen de interventie- en de controlegroep (de between-groups effect). Om te beoordelen wat de grootte is van het effect werd een effect size (ES) berekend. De effect size is een index welke het verschil meet tussen de gemiddelde waarden van twee variabelen, uitgedrukt in standaarddeviaties. Volgens Cohens d is een ES van 0,80 of hoger groot, een ES van 0,50 of hoger matig/redelijk en een ES van 0,20 een laag effect (Becker, 200 C.E.). Daarnaast is er gekeken naar de significantie van de resultaten. Deze significantie wordt aangeduid met een p-waarde. Indien de p-waarde lager was dan 0.05 werd er gesproken van een statisch significant verschil.

### Best Evidence Synthese

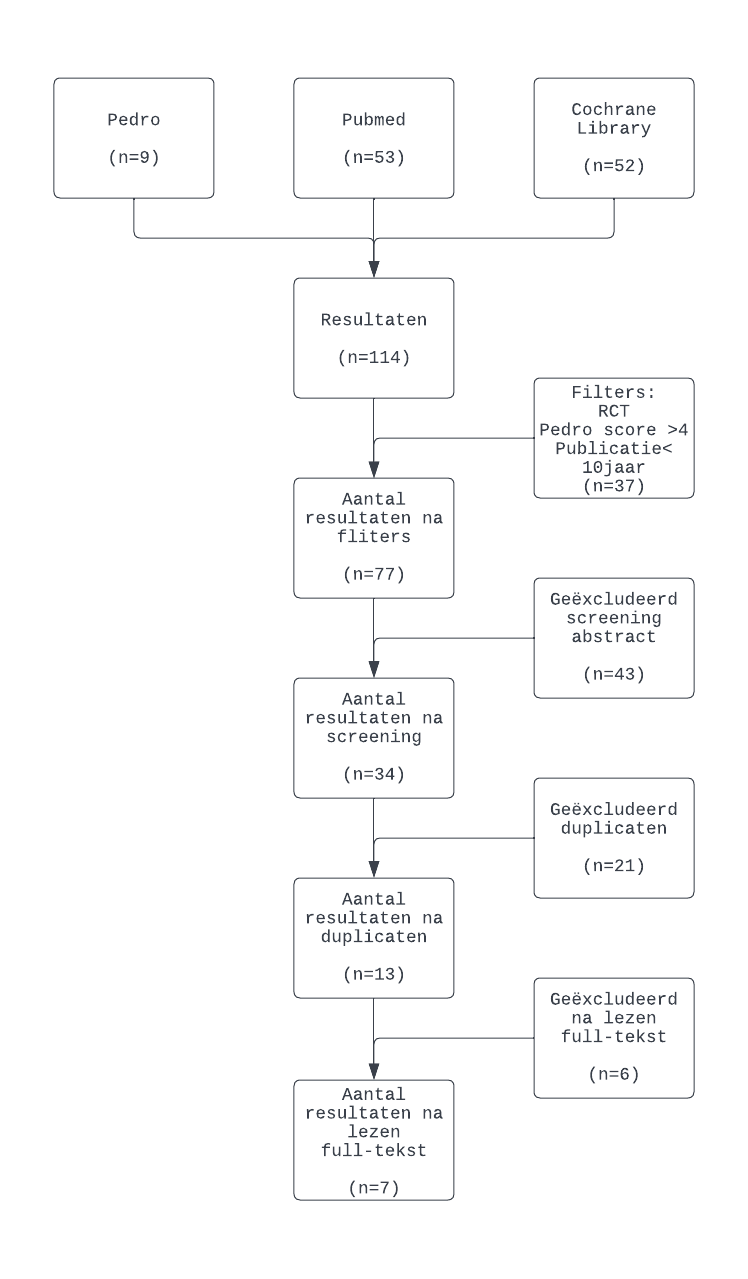
Om de mate van bewijs aan te tonen voor het effect van de interventies van de geïncludeerde studies is er gebruik gemaakt van de Best Evidence Synthese (BES). Bij de BES werd er gekeken naar de statistische significantie van de beoordeelde uitkomstmaten en de methodologische kwaliteit van de geïncludeerde studies. De BES is gebaseerd op de criteria van (van Tulder et al., 2003), gaande van sterk bewijs tot geen of onvoldoende bewijs. Deze niveaus staan vermeld in tabel 4. Indien meer dan 75% van de geïncludeerde studies hetzelfde resultaat laten zien is er sprake van consistentie.

***Tabel 4: Niveaus Best Evidence Synthese***

|  |  |
| --- | --- |
| **Bewijs** | **Omschrijving** |
| Sterk bewijs | Gebaseerd op statistisch significante resultaten gemeten in ten minste 2 RCT’s van hoge kwaliteit, met PEDro scores van minimaal 4 punten\* |
| Matig bewijs | Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 RCT van hoge kwaliteit en ten minste 1 RCT van lage kwaliteit (≤ 3 punten op PEDro score) of 1 CCT\* van hoge kwaliteit. |
| Gering bewijs | Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 RCT van hoge kwaliteit of ten minste 2 CCT’s\* van hoge kwaliteit (in afwezigheid van RCT’s van hoge kwaliteit). |
| Aanwijzingen | Gebaseerd op statistisch significante resultaten, gemeten in ten minste 1 CCT van hoge kwaliteit of RCT\* van lage kwaliteit (in afwezigheid van RCT’s van hoge kwaliteit), of ten minste 2 studies van niet-experimentele aard met voldoende kwaliteit (in afwezigheid van RCT’s en CCT’s) \* |
| Geen of onvoldoende bewijs | Bewijs in die gevallen waarin de resultaten van de geïncludeerde studies niet voldoen aan de bovengenoemde niveaus van bewijskracht, of in die gevallen waarin conflicterende (statistisch significante positieve en statistisch significante negatieve) resultaten aanwezig zijn tussen RCT’s en CCT’s, of in die gevallen waarin geen enkele studie geïncludeerd kon worden. |

## Resultaten

### Selectieprocedure

Met de zoekstengen welke in tabel 2 van de methodesectie zijn benoemd werden de eerste zoekacties gestart in de databases Pubmed, Cochrane Library en Pedro, dit leverde gecombineerd 114 resultaten op. Om de zoekactie te verkleinen zijn vervolgens de filteropties ‘randomized controlled trial’ en ’10 years’ toegepast waarbij er 37 studies werden geëxcludeerd. Bij de database Pedro werd er ook nog gefilterd op artikelen met een minimale Pedro score van 4 echter gaf dit geen verschil in resultaten.

De 77 overgebleven studies zijn vervolgens gescreend op titel en abstract waarbij 43 artikelen zijn geëxcludeerd wegens het niet voldoen aan de inclusiecriteria. Van de 34 overgebleven artikelen zijn er 21 studies geëxcludeerd wegens duplicatie.

Na het excluderen van de duplicaten blijven er 13 artikelen over. Deze artikelen zijn vervolgens in de full-tekst gescreend op de inclusiecriteria. Een belangrijk onderdeel binnen de inclusiecriteria is de controlegroep waarmee de interventie wordt vergeleken. 3 artikelen zijn geëxcludeerd doordat de vergelijkingsgroep niet valt binnen de opgestelde inclusiecriteria. Daarnaast zijn 3 artikelen geëxcludeerd wegens het niet beschikbaar zijn van een full-tekst artikel.

In totaal blijven er 7 studies over die voldoen aan de inclusiecriteria en worden geïncludeerd voor deze systematische review. ***Figuur 1: Flowchart*** Een flowchart van de selectieprocedure is te zien in figuur 1.

### Methodologische kwaliteit

De methodologische kwaliteit van alle geïncludeerde onderzoeken werd beoordeeld met behulp van de PEDro-schaal (de Morton, 2009). De scores op de PEDro-schaal variëren van 5-6 op een schaal van tien. De PEDro scores per artikel zijn weergegeven in tabel 5, de volledige uitwerking van de beoordelingen zijn te vinden in bijlage 3. Wanneer de verschillende beoordelingen van de studies met elkaar worden vergeleken blijkt dat de studies op soortgelijke onderdelen punten scoren. De studies van (Fiorilli et al., 2020) en (Sagelv et al,. 2020) scoren hoger op de PEDro score aangezien deze twee studies als enige een punt scoren op item 3, allocation concealed. Verder scoort geen enkele studiepunten op de items 5,6 en 7. Deze items gaan respectievelijk in op blindering van subjecten, blindering van therapeuten en blindering van beoordelaars. Daarnaast heeft geen enkele studie een punt behaald op item 9, een intention to treat analyse.

***Tabel 5: PEDro scores***

|  |  |
| --- | --- |
| **Studie** | **PEDro-score** |
| (Fiorilli et al., 2020) | 6/10 |
| (Timmins et al., 2021) | 5/10 |
| (Stojanovic et al., 2021) | 5/10 |
| (Hezhi Xie et al., 2022) | 5/10 |
| (Izquierdo et al., 2017) | 5/10 |
| (Sañudo et al., 2020) | 5/10 |
| (Sagelv et al,. 2020) | 6/10 |

### Demografische gegevens

Gezamenlijk hebben de 7 geïncludeerde studies 204 participanten. Het aantal deelnemers binnen de studies verschilt van 12 tot 38 participanten. Van het totaal aantal deelnemers zijn 204 (100%) man, en 0 (0%) vrouw. Binnen elke studie zijn er alleen metingen uitgevoerd op mannelijke deelnemers. De gemiddelde leeftijd van de deelnemers was 20,47 jaar en varieerde tussen de 13 en 27 jaar oud. De karakteristieken van de geïncludeerde studies zijn te vinden in tabel 6.

***Tabel 6: Demografische gegevens***

|  |  |
| --- | --- |
| Aantal participanten (n) | 204 |
| Gemiddelde aantal participanten (n) | 29,1 |
| Bereik participanten (n) | 12-38 |
| Aantal mannen (%) | 204 (100%) |
| Aantal vrouwen (%) | 0 (0%) |
| Bereik leeftijd (y) | 13-27 jaar |
| Gemiddelde leeftijd (y) | 20,47 jaar |

### Meetinstrumenten

**Springprestaties**

Springprestaties worden gemeten aan de hand van de Squat Jump test (SJ) en de Countermovement Jump test (CMJ). Beide testen zijn valide en betrouwbare gebleken volgens (Markovic et al., 2004) voor het meten van de explosieve kracht van het onderlichaam. Eén van beide testen is gebruikt in 6 van de 7 geïncludeerde artikelen. Springprestaties zijn niet gemeten binnen het onderzoek van (Timmins et al., 2021). De Squat Jump test is gebruikt binnen de studies van (Fiorilli et al., 2020) en (Izquierdo et al., 2017). Binnen de onderzoeken van (Stojanovic et al., 2021), (Hezhi Xie et al., 2022), (Izquierdo et al., 2017), (Sañudo et al., 2020) en (Sagelv et al,. 2020) is gebruik gemaakt van de Countermovement Jump test.

**Sprintsnelheid**

Sprintsnelheid wordt gemeten aan de hand van snelheidstests, welke worden gebruikt om de lineaire versnelling van de deelnemers in kaart te brengen. Er werd gebruik gemaakt van verschillende afstanden variërend van 5 tot 60 meter. De testen worden volgens (Moir et al., 2004)als valide en betrouwbaar beschouwd wanneer er gebruik is gemaakt van elektronische meetinstrumenten. Minimaal eén van de snelheidstests is gebruikt in 6 van de 7 geïncludeerde artikelen. Sprintsnelheid is niet gemeten binnen het onderzoek van (Timmins et al., 2021). Een sprinttest met een afstand van 10 meter is uitgevoerd in de onderzoeken van (Sagelv et al,. 2020) en (Sañudo et al., 2020). Binnen de studies van (Izquierdo et al., 2017) en (Stojanovic et al., 2021) was de afstand waarop de sprinttest is uitgevoerd 20 meter. (Hezhi Xie et al., 2022) voerde de test uit op een afstand van 30 meter en (Fiorilli et al., 2020) op 60 meter.

**Repetition max**

De one-repetition maximum (1RM) -test wordt vaak beschouwd als de 'gouden standaard' voor het beoordelen van de krachtcapaciteit van individuen in niet-laboratoriumomgevingen (Levinger et al., 2009). Het is simpelweg gedefinieerd als het maximale gewicht dat een persoon kan tillen voor slechts één herhaling met de juiste techniek. Binnen de onderzoeken van (Izquierdo et al., 2017) en (Sagelv et al,. 2020) is gebruik gemaakt van de 1 RM test. De three-repetition maximum (3RM) -test is een variatie van de 1RM test, hierbij wordt het maximale gewicht gemeten dat een persoon kan tillen voor drie herhalingen met de juiste techniek. Deze test wordt gebruikt binnen het onderzoek van (Timmins et al., 2021).

De gebruikte meetinstrumenten per studie zijn te lezen in tabel 8. De gebruikte meetinstrumenten in de studies die niet relevant zijn geacht voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag zijn buiten beschouwing gelaten.

### Resultaten analyse

In tabel 9 zijn van de geïncludeerde studies de basismetingen, eindmetingen, gemiddelde verschillen per uitkomstmaat, significatie en effect-size weergegeven.

### Best Evidence Synthese

Er waren vijf studies welke een statistisch significant verschil lieten zien tussen de twee groepen op de uitkomstmaat sprongprestaties, de studie van (Sagelv et al., 2020)laat geen statische significante verschillen zien. Sprongprestaties zijn niet gemeten als uitkomstmaat in de studie van (Timmins et al., 2021). Er waren vier studies welke een statistisch significant verschil lieten zien tussen de twee groepen op de uitkomstmaat sprintsnelheid. De studies van (Sagelv et al., 2020; Xie et al., 2022)laten geen statistische significante verschillen zien. Sprintsnelheid is niet gemeten als uitkomstmaat in de studie van (Timmins et al., 2021). Er waren 4 studies welke geen statische significante verschillen lieten zien tussen de twee groepen op de uitkomstmaat kracht. Enkel de studie van (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017) laat een statistisch significant verschil zien. Kracht is niet gemeten als uitkomstmaat in de studies van (Sagelv et al., 2020; Sañudo et al., 2020; Xie et al., 2022). Er is sprake van consistente resultaten tussen de geïncludeerde studies op de uitkomstmaten sprongprestaties en kracht, daarentegen is er sprake van inconsistente resultaten op de uitkomstaat sprintsnelheid. Volledige uitwerking van de Best Evidence Synthese is te zien in tabel 7.

***Tabel 7: Best Evidence Synthese***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Sprongprestaties | Sprintsnelheid | Kracht | PEDro-score |
| (Fiorilli Giovanni et al., 2020) | + | + | Nvt | 6/10\* |
| (Timmins et al., 2021) | Nvt | Nvt | - | 5/10\* |
| (Stojanović et al., 2021) | + | + | - | 5/10\* |
| (Xie et al., 2022) | + | - | Nvt | 5/10\* |
| (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017) | + | + | + | 5/10\* |
| (Sañudo et al., 2020) | + | + | Nvt | 5/10\* |
| (Sagelv et al., 2020) | - | - | - | 6/10\* |

**+**: Statistisch significant verschil tussen groepen, **-**: geen statistisch significant verschil tussen groepen, **\***: hoge methodologische kwaliteit, **nvt**: uitkomstmaat werd niet gemeten in de studie.

***Tabel 8: Karakteristieken van geïncludeerde studies***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Studie** | **Aantal deelnemers (n)** | **Gemiddelde leeftijd (y)** | **Man/Vrouw**  **(m/v)** | **Uitvallers (n)** | **Duur Interventie (w), (s)** | **Interventie** | **Klinimetrie** | **Pedro score** |
| (Fiorilli Giovanni et al., 2020) | n = 34  IG, n = 18  CG, n = 16 | IG = 13.21  CG = 13.36 | IG = 18/0  CG = 16/0 | n = 0 | w =6  s =12 | IG = Flywheel  CG = Traditioneel | SJ  SPRINT 60m | 6/10 |
| (Timmins et al., 2021) | n = 27  IG, n = 13  CG, n = 14 | IG = 22 ± 3  CG = 23 ± 3 | IG = 13/0  CG = 14/0 | n = 2  IG, n  = 1  CG, n  =1 | w = 39  s = 78 | IG = Flywheel    CG = Traditioneel | CON  3RM | 5/10 |
| (Stojanović et al., 2021) | n = 36  IG, n = 12  CG 1, n = 12  CG 2, n = 12 | IG  = 17.58  CG 1 = 17.52  CG 2 = 17.56 | IG  = 12/0  CG 1 = 12/0  CG 2 = 12/0 | n = 0 | w = 8  s = 12 | IG = Flywheel  CG 1 = Traditioneel  CG 2 = Reguliere training | CMJ  SPRINT 5m  SPRINT 20m | 5/10 |
| (Xie et al., 2022) | n = 12  IG, n = 6  CG, n = 6 | IG = 20 ± 1,41  CG = 21,25 ± 1,26 | IG = 6/0  CG = 6/0 | n = 6 | w = 13  s = 12 | IG = Flywheel  CG = Traditioneel | CMJ  SPRINT 30m | 5/10 |
| (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017) | n = 29  IG, n = 15  CG, n = 14 | IG = 19.8 ± 1  CG = 23.8 ± 1.6 | IG = 15/0  CG = 14/0 | n = 0 | w = 6  s = 15 | IG = Flywheel  CG = Traditioneel | 1RM  CMJ  SJ  SPRINT 20m | 5/10 |
| (Sañudo et al., 2020) | n = 28  IG, n  = 14  CG, n = 14 | IG = 23.1 ± 3.5  CG = 23.8 ± 6.4 | IG = 14/0  CG= 14/0 | n = 0 | w = 2  s = 6 | IG = Flywheel  CG = Traditioneel | CMJ  SPRINT 10m | 5/10 |
| (Sagelv et al., 2020) | n = 38  IG, n = 13  CG 1, n = 13  CG 2, n = 12 | IG = 23.07 ± 3.15  CG 1 = 23.23 ± 2.12  CG 2 = 25.3 ± 2.39 | IG = 13/0  CG 1 = 13/0  CG 2 = 12/0 | n = 16 | w = 6  s = 12 | IG = Flywheel  CG 1 = Traditioneel  CG 2= Controlegroep | SPRINT 10m  CMJ 1RM | 6/10 |

**Afkortingen**: **±** = standaarddeviatie, **n** = aantal, **SJ** = Squat Jump, **CON** = concentrische kracht gemeten in Newton, **1RM** = 1 Repetition max, **3RM =** 3 Repetition Max, **ISOMET** = Isometrische kracht gemeten in Newton, **CMJ** = Countermovement Jump, **SPRINT** = maximale sprint, verschillende variaties in afstand, **m** = meter, **wk** = weken, **s** = sessies, **IG** = interventie groep, **CG** = controlegroep, **y** = years (jaar), **m** = man, **v** = vrouw.

***Tabel 9: Resultaten geïncludeerde studies***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Studie (eerste auteur, jaar)** | **Uitkomstmaten** | **Basismeting Interventie** | **Eindmeting interventie** | **Gemiddelde verschil basis en eindmeting** | **P-waarde (p)** | **Effect size (d)** |
| (Fiorilli Giovanni et al., 2020) | SJ (cm)  SPRINT 60M(s) | IG: 23,89 ± 6,60  CG: 20,72 ± 6,64  IG: 10,40 ± 0,50  CG: 10,49 ± 0,45 | IG: 28.02 ± 2.60  CG: 23,76 ± 2,90  IG: 10,16 ± 0,56  CG: 10,42 ± 0,4 | IG: 4.13  CG: 3.04  IG: -0,24  CG: -0.07 | IG: p = 0,006  CG: p = 0,008  IG: p < 0,001  CG: NS | IG: 0.363  CG: 0.151  IG: 0.492 |
| (Timmins et al., 2021) | CON KF (N)  3 RM (W) | IG: 352 ± 54  CG: 307 ± 66  IG: 561 ± 111 CG: 487 ± 152 | IG: 434 ± 71  CG: 404 ± 37  IG: 543 ± 126  CG: 514 ± 105 | IG: 82  CG: 97  IG: - 18  CG: 27 | IG: p < 0.05  CG: p < 0.05  IG: NS  CG: NS | NB  NB  NB NB |
| (Stojanović et al., 2021) | ISOMET (N)  CMJ (cm)  SPRINT 5m (s)  SPRINT 20m (s) | IG: 92,33 ± 10,57 CG:90,25 ± 10,35  IG: 52,36 ± 3,33 CG: 51,45 ± 3,61  IG: 1,16 ± 0,04  CG: 1,18 ± 0,07  IG: 3,20 ± 0,11 CG: 3,24 ± 0,10 | IG: 109,83 ± 7,81  CG: 105,25 ± 9,36  IG: 59,29 ± 2,97 CG: 50,92 ± 2,56  IG: 1,04 ± 0,02 CG: 1,11 ± 0,05  IG: 3,07 ± 0,09 CG: 3,13 ± 0,11 | IG: 17.50 CG: 15.00  IG: 6.93 CG: -0.53  IG: -0.12 CG: -0.07  IG: -0.13 CG: -0.11 | p = 0,000  p = 0,001  p = 0,010  p = 0,088 | IG: 1.833  CG: 1.520  IG: 2.196  CG: 1.125  IG: 3.795  CG: 1.151  IG: 1.294  CG: 1.046 |
| (Xie et al., 2022) | CMJ (cm)  SPRINT 30m (s) | IG: 6,20  CG: 8,78  IG: 3,81  CG: 2,55 | IG: 6,82  CG: 9,76  IG: 3,76  CG: 2,55 | IG: 10,07%  CG: 11,23%  IG: -1,26%  CG: 0,38% | p > 0.05  p > 0.05  p = 0.009  p = 0.032 | IG: 0.513  CG: 0.608  IG: 0.843  CG: 0.75 |
| (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017) | 1 RM (kg)  SJ (cm)  CMJ (cm)  SPRINT 20m (s) | IG: 258,7 ± 9,5  CG: 242,9  IG: 33,4 ± 1,5  CG: 31,5 ± 1,2  IG: 35,7 ± 1,3  CG: 33,0 ± 1,2  IG: 3,7 ± 0,1  CG: 3,6 ± 0,1 | IG: 290 ± 12,5  CG: 262 ± 9,1  IG: 36,6 ± 1,5  CG: 32,9 ± 0,8  IG: 39,2 ± 1,5  CG: 34,1 ± 0,9  IG: 3.3 ± 0,1  CG: 3,5 ± 0,1 | IG: 12,2%  CG: 7,9%  IG: 9,6%  CG: 4,5 %  IG: 9,8%  CG: 3,4%  IG: - 10%  CG: -5,1% | NB  p < 0.05  p < 0.001  p < 0.05  p < 0.001  NB  p < 0.001  p < 0.01 | NB  NB  NB  NB  NB  NB  NB  NB |
| (Sañudo et al., 2020) | CMJ (m)  SPRINT 10m (s) | IG: 0,35 ± 0,05  CG: 0,35 ± 0,05  IG: 1,92 ± 0,14  CG: 1,90 ± 0,15 | IG: 0,36 ± 0,04  CG: 0,36 ± 0,05  IG: 1,87 ± 0,14  CG: 1,87 ± 0,14 | IG: 0,01  CG: 0,01  IG: -0,05  CG: -0,03 | p < 0.001  p< 0.001  p = 0.001  p = 0.025 | IG: 1.192  CG: -0.887  IG: 0.707  CG: 0.010 |
| (Sagelv et al., 2020) | SPRINT 10m (s)    CMJ (cm)    1RM (kg) | IG: 1,75 ± 0,07  CG1: 1,74 ± 0,08  CG2: 1,73 ± 0,04  IG: 34,38 ± 2,15  CG1: 36,98 ± 3,98  CG2: 35,99 ± 3,79  IG: 127,69 ± 21,27  CG1: 134,62 ± 26,96 CG2: 137,50 ± 21,79 | IG: 1,72 ± 0,07  CG1: 1,71 ± 0,07  CG2: 1,73 ± 0,04  IG: 37,45 ± 3,46  CG1: 39,75 ± 4,14  CG2: 36,06 ± 3,41  IG: 149,23 ± 22,16  CG1: 196,92 ± 26,89  CG2: 140,38 ± 25,39 | IG: 0,03  CG1: 0,03  CG2: 0,00  IG: 3,07  CG1: 2,77  CG2: 0,07  IG: 21,54  CG1: 62,3  CG2: 2,88 | p < 0.001  p = 0.005  NS  p < 0.001  p < 0.001  NS  p = 0.001  p < 0.001  NS | IG: -0.97  CG1: -0.96  CG2: 0,26  IG: 1.70  CG1: 1.54  CG2: 0.09  IG: 3,13  CG1: 3.17 CG2: 0.51 |

**Afkortingen: ±** = standaarddeviatie, **IG** = interventie groep, **CG** = controlegroep, **NS** = niet significant, **NB** = niet benoemd, **SJ** = Squat Jump, **CON** = concentrische kracht gemeten in Newton, **1RM** = 1 Repetition max, **3RM =** 3 Repetition Max, **ISOMET** = Isometrische kracht gemeten in Newton, **CMJ** = Countermovement Jump, **SPRINT** = maximale sprint, verschillende variaties in afstand, **m** = meter, **cm** = centimeter, **kg** = kilogram, **s** = seconde, **N** = Newton, **W** = Watt.

## Discussie

Deze literatuurstudie is uitgevoerd om antwoord te verkrijgen op de onderzoeksvraag: *Wat is het effect van flywheel training in vergelijking met traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten en volwassenen op spring prestaties, sprintsnelheid en kracht?* Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag zijn 7 studies geïncludeerd welke flywheel training of traditionele krachttraining als behandelinterventie hebben toegepast bij gezonde adolescenten of volwassenen.

De Best Evidence Synthese toont sterk bewijs dat flywheel training een groter effect heeft op de uitkomstmaat sprongprestaties dan traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten en volwassenen. Daarnaast presenteren de geïncludeerde studies op sprongprestaties een gemiddelde effect size van 1,19 bij flywheel training en 0,51 bij traditionele krachttraining. Tussen de geïncludeerde studies is er sprake consistente resultaten. Er kan hiermee worden aangenomen dat flywheel training een groot effect heeft op sprongprestaties bij gezonde adolescenten en volwassenen in vergelijking met traditionele krachttraining. Wat betreft de uitkomstmaat sprintsnelheid toont de Best Evidence Synthese sterk bewijs dat flywheel training een groter effect heeft op de uitkomstmaat sprintsnelheid dan traditionele krachttraining. Daarnaast presenteren de geïncludeerde studies op sprintsnelheid een gemiddelde effect size van 1,03 bij flywheel training en 0,40 bij traditionele krachttraining. Wanneer de resultaten van de verschillende studies met elkaar worden vergeleken is er geen sprake van consistente resultaten. Ondanks de kleine inconsistentie kan op basis van de Best Evidence Synthese en effect size wel worden aangenomen dat flywheel training een groter effect heeft op sprintsnelheid dan traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten en volwassenen. Wanneer er wordt gekeken naar de uitkomstmaat kracht toont de Best Evidence Synthese gering bewijs dat er geen verschil is tussen flywheel training en traditionele krachttraining. Wanneer de resultaten van de geïncludeerde studies met elkaar worden vergeleken is er sprake van inconsistentie op het gebied van uitkomsten. Interpretatie van de gemiddelde verschillen tussen basis en eindmetingen uit tabel 9 tonen het volgende aan. Uit de 4 studies waarin de uitkomstmaat kracht is gemeten laat enkel de studie van (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017)een statistisch significant verschil zien op het effect van flywheel therapie tegenover traditionele krachttraining. De studies van (Sagelv et al., 2020; Stojanović et al., 2021; Timmins et al., 2021) laten geen statistisch significant verschil zien op het effect van flywheel therapie tegenover traditionele krachttraining. Hiermee kan worden aangenomen dat flywheel training geen significante verbetering laat zien op de uitkomstmaat kracht tegenover traditionele krachttraining. Inconsistente resultaten maakt dat het vergelijken van de resultaten wordt bemoeilijkt.

Inconsistentie binnen de resultaten zou verklaard kunnen worden door de hoge diversiteit in aanbod van flywheel training en traditionele krachttraining tussen de verschillende studies. Daarnaast kunnen de effect size berekeningen een vertekend beeld geven vanwege het ontbreken van benodigde resultaten bij enkele studies. Hier was sprake van bij de studies van (Timmins et al., 2021)en (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017). De validiteit van alle geïncludeerde studies wordt voldoende aangetoond door de hoge methodologische kwaliteit.

Soortgelijke effecten werden ook gevonden in de recente systematische review van (Raya-González et al., 2021). Er wordt geconcludeerd dat flywheel training een effectief hulpmiddel is om de prestaties te verbeteren van activiteiten welke een verband hebben met sportprestaties bij gezonde, actieve mensen en atleten. Daarnaast zijn springprestaties en sprintsnelheid vatbaar voor verbetering na flywheel training. Ook wordt er geconcludeerd dat er een gebrek is aan artikelen die de effectiviteit van flywheel training beoordelen in vergelijking met traditionele weerstandstraining. Overeenkomstig onderzoek van (Petré et al., 2018)laat dergelijke resultaten zien. De studie toont, flywheel training is een effectieve methode voor het verbeteren van verschillende aspecten van kracht welke van belang zijn voor sportprestaties. Wanneer er wordt gekeken naar de resultaten van de uitkomstmaat kracht binnen deze literatuurstudie komen deze eveneens overeen met een recente systematische review met meta-analyse van (Vicens-Bordas et al., 2018b). Deze studie concludeert het volgende. Op basis van de beschikbare gegevens was flywheel training niet superieur aan zwaartekracht afhankelijke weerstandstraining, ook wel traditionele krachttraining, bij het verbeteren van spierkracht. Samenvattend tonen recente systematische reviews aan dat flywheel training een effectief hulpmiddel is voor het verbeteren van sprong prestaties en sprintsnelheid tegenover traditionele krachttraining. Daarentegen is er geen verbetering voor spierkracht aangetoond binnen recente literatuur.

Een sterk punt van dit literatuuronderzoek is het gebruik van drie verschillende paramedische databases voor documentselectie. Door gebruik te maken van verschillende databases worden de best mogelijke zoekresultaten verkregen. Alleen studies gepubliceerd tijdens of na 2012 werden gescreend, dus alleen de meest recente artikelen werden opgenomen. Van daaruit werden zeven geschikte studies geïncludeerd met een PEDro-score van 4 of hoger. Dit betekent dat er een hoge methodologische kwaliteit is tussen de geïncludeerde studies. Daarnaast waren alle geïncludeerde studies randomized controlled trials. Binnen deze studies zijn verschillende uitkomstmaten onderzocht, dit is sterk voor het onderzoek. In elk onderzoek werden uitspraken gedaan op basis van ten minste twee of meer geselecteerde uitkomstmaten, met uitzondering van (Timmins et al., 2021) waarin enkel de kracht is gemeten. De populatiegroepen waarop de verschillende interventies zijn uitgevoerd zijn homogeen aan elkaar, dit is positief voor de betrouwbaarheid van het onderzoek. Zo is binnen elke studie enkel beroep gedaan op gezonde mannelijke adolescenten of volwassenen tussen de leeftijd van 13 tot 27 jaar oud. De uitgevoerde interventies zijn in alle studies enkel door gecertificeerde trainers of fysiotherapeuten gegeven, daarmee mag worden aangenomen dat de interventie op een hoog niveau is uitgevoerd.

Een beperking van dit literatuuronderzoek is dat de beoordeling van de resultaten door één onderzoeker wordt uitgevoerd, waardoor het risico op selectiebias toeneemt. Daarnaast moet men rekening houden met de hoge diversiteit in aanbod van de flywheel training en traditionele krachttraining tussen de verschillende studies. De resultaten van deze interventies zijn vervolgens met verschillende meetinstrumenten in kaart gebracht. Zouden in alle studies dezelfde interventies en meetinstrumenten zijn aangeboden, zorgt dit ervoor dat de resultaten betrouwbaarder zijn. Verder kunnen de berekeningen van de effect sizes een vertekend beeld geven vanwege het ontbreken van benodigde resultaten bij enkele studies. Hier was sprake van bij de studies van (Timmins et al., 2021)en (Maroto-Izquierdo, García-López, & de Paz, 2017). Ten slotte is een limitatie binnen het onderzoek de variërende follow-up tussen de studies, verschillend van 2 tot 39 weken. Hierbij kent het onderzoek van (Sañudo et al., 2020)een korte follow-up van 2 weken en een groot gedeelte van de onderzoeken een korte follow-up tussen de 6 en 8 weken. Het gevolg van het korte tijdsbestek waarin deze studies zijn uitgevoerd is dat alleen de korte termijneffecten gemeten zijn. Dit kan de reden zijn dat op bepaalde uitkomstmaten geen of weinig effect is gemeten omdat hier nog niet genoeg tijd voor is geweest. Het opbouwen van kracht is een lichamelijk proces waar in de meeste gevallen een langere tijd voor nodig is. Hierbij zou een onderzoek met een langere follow-up andere inzichten en ontwikkelingen kunnen laten zien op de gebruikte uitkomstmaten.

Samenvattend toont dit literatuuronderzoek aan dat er sterk bewijs is dat flywheel training een effectief hulpmiddel is voor het verbeteren van sprong prestaties en sprintsnelheid in vergelijking met traditionele krachttraining. Daarentegen is er geen verbetering voor spierkracht aangetoond. Wanneer deze uitkomsten worden vergeleken met soortgelijke recente literatuur worden dergelijke uitkomsten gevonden.

**Aanbevelingen voor in de praktijk**

Het doel van dit onderzoek was om de fysiotherapeut in de praktijk duidelijkheid te verschaffen in het toepassen van de interventies flywheel training en traditionele krachttraining bij gezonde adolescenten of volwassenen. Vanuit deze studie kan gesteld worden dat het gebruik van flywheel training voor het verbeteren van springprestaties en sprintsnelheid meerwaarde heeft ten opzichte van traditionele krachttraining. Gering bewijs laat zien dat flywheel training geen meerwaarde heeft op de uitkomstmaat kracht in vergelijking met traditionele krachttraining.

## Conclusie

Uit dit literatuuronderzoek is gebleken dat er sterk bewijs is dat flywheel training een groter effect heeft op verbetering van sprong prestaties en sprintsnelheid bij gezonde adolescenten en volwassenen in vergelijking met traditionele krachttraining. Daarentegen is er gering bewijs dat flywheel training gelijke effectiviteit heeft als traditionele krachttraining op de uitkomstmaat kracht.

**Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

Om toekomstig onderzoek te verbeteren zal een nauwkeurig geschreven protocol met specifiek gekozen weerstand en herhalingen voor flywheel training worden aangeraden. Het gebruik van protocollen wordt aanbevolen om de reproduceerbaarheid van toekomstige studies te verbeteren. Indien mogelijk worden onderzoeken in de vorm van Randomized Controlled Trials geïndiceerd. Hierbij dienen de interventies direct met elkaar te worden vergeleken waar controle met een grote populatiegroep over een lange termijn de voorkeur heeft. Onderzoek naar de verschillen tussen vliegwiel- en traditionele weerstandstraining voor sprongprestaties, sprintsnelheid en kracht is interessant en vereist specifieke aandacht. Ten slotte zal verder onderzoek naar belasting, trainingsfrequentie en gewenning de kwaliteit van trainingsprotocollen en -resultaten verbeteren.

## Referentielijst

Becker, L. A. (200 C.E., January 1). *Effect Size (ES)*. https://www.uv.es/~friasnav/EffectSizeBecker.pdf

Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *Journal of Physiotherapy*, *66*(1), 59. https://doi.org/10.1016/j.jphys.2019.08.005

CBR. (2020, April 23). *Commissie Beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad*. https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/17/helft-nederlanders-voldeed-in-2019-aan-beweegrichtlijnen

Commissie Beweegrichtlijnen van de Gezondheidsraad. (2017, January 1). *Beweegrichtlijnen*. https://www.kenniscentrumsportenbewegen.nl/producten/beweegrichtlijnen/#br-overzicht

de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, *55*(2), 129–133. https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1

Fiorilli Giovanni, Mariano Intrieri, Luliano Enzo, Giombini Arrigo, Ciccarelli Antonello, Buonsenso Andrea, Calcagno Giuseppe, & Cagno di Alessandra. (2020). Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *Journal of Sport Science & Medicine*.

Fyzzio. (2022, January 1). *Hoe werkt flywheel training?* https://www.fyzzio.nl/training/hoe-werkt-vliegwieltraining/

Grant, M. (1991). *A Short History of Classical Civilization* (Hardcover). Weidnfeld and Nicolson.

Levinger, I., Goodman, C., Hare, D. L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(2), 310–316. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.007

Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, *83*(8), 713–721.

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(3), 551. https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, *60*(1), 133–143. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(10), 943–951. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004

Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. (2004). Influence of Familiarization on the Reliability of Vertical Jump and Acceleration Sprinting Performance in Physically Active Men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 276. https://doi.org/10.1519/R-13093.1

Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, *110*(5), 997–1005. https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7

Petré, H., Wernstål, F., & Mattsson, C. M. (2018). Effects of Flywheel Training on Strength-Related Variables: a Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, *4*(1), 55. https://doi.org/10.1186/s40798-018-0169-5

Raya-González, J., Prat-Luri, A., López-Valenciano, A., Sabido, R., & Hernández-Davó, J. L. (2021). Effects of Flywheel Resistance Training on Sport Actions. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, *77*(1), 191–204. https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0020

RIVM. (2011). *Gezond ouder worden in Nederland*. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/270462001.pdf

Rudnicka, E., Napierała, P., Podfigurna, A., Męczekalski, B., Smolarczyk, R., & Grymowicz, M. (2020). The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*, *139*, 6–11. https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.05.018

Sagelv, E. H., Pedersen, S., Nilsen, L. P. R., Casolo, A., Welde, B., Randers, M. B., & Pettersen, S. A. (2020). Flywheel squats versus free weight high load squats for improving high velocity movements in football. A randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *12*(1), 61. https://doi.org/10.1186/s13102-020-00210-y

Sañudo, B., de Hoyo, M., Haff, G. G., & Muñoz-López, A. (2020). Influence of Strength Level on the Acute Post-Activation Performance Enhancement Following Flywheel and Free Weight Resistance Training. *Sensors*, *20*(24), 7156. https://doi.org/10.3390/s20247156

Stojanović, M. D. M., Mikić, M., Drid, P., Calleja-González, J., Maksimović, N., Belegišanin, B., & Sekulović, V. (2021). Greater Power but Not Strength Gains Using Flywheel Versus Equivolumed Traditional Strength Training in Junior Basketball Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(3), 1181. https://doi.org/10.3390/ijerph18031181

Timmins, R. G., Filopoulos, D., Nguyen, V., Giannakis, J., Ruddy, J. D., Hickey, J. T., Maniar, N., & Opar, D. A. (2021). Sprinting, Strength, and Architectural Adaptations Following Hamstring Training in Australian Footballers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *31*(6), 1276–1289. https://doi.org/10.1111/sms.13941

van Tulder, M., Furlan, A., Bombardier, C., & Bouter, L. (2003). Updated Method Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine*, *28*(12), 1290–1299. https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000065484.95996.AF

Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., & Thorborg, K. (2018a). Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*(1), 75–83. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.006

Vicens-Bordas, J., Esteve, E., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Bandholm, T., & Thorborg, K. (2018b). Is inertial flywheel resistance training superior to gravity-dependent resistance training in improving muscle strength? A systematic review with meta-analyses. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*(1), 75–83. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.006

Xie, H., Zhang, W., Chen, X., He, J., Lu, J., Gao, Y., Li, D., Li, G., Ji, H., & Sun, J. (2022). Flywheel eccentric overload exercises versus barbell half squats for basketball players: Which is better for induction of post-activation performance enhancement? *PLOS ONE*, *17*(11), e0277432. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277432

## Bijlage 1

**PEDro-schaal beoordelingsformulier**

Afbeelding met tekst

Automatisch gegenereerde beschrijving

## Bijlage 2

**PEDro-score beoordeling**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Studie** | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | **Score** |
| 1(Fiorilli et al., 2020) | Ja | Ja | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 6/10 |
| 2(Timmins et al., 2021) | Ja | Nee | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 5/10 |
| 3(Stojanovic et al., 2021) | Ja | Nee | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 5/10 |
| 4 (Hezhi Xie et al., 2022) | Ja | Nee | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 5/10 |
| 5(Izquierdo et al., 2017) | Ja | Nee | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 5/10 |
| 6(Sañudo et al., 2020) | Ja | Nee | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 5/10 |
| 7(Sagelv et al,. 2020 | Ja | Ja | Ja | Nee | Nee | Nee | Ja | Nee | Ja | Ja | 6/10 |