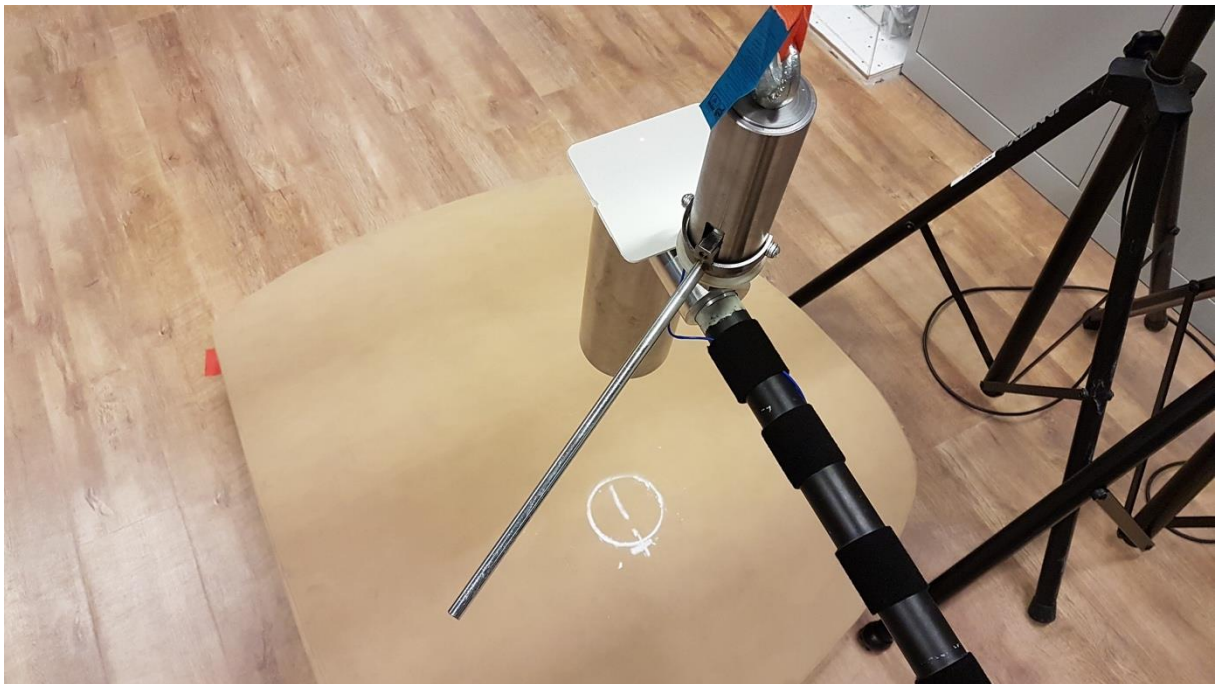


Onderzoek naar het verschil in impactkracht, indrukking en terugkaatsing van verschillende gymnastische producten



Sportbond: Koninklijke Nederlandse Gymnastiek Unie (KNGU)/ Dutch Gymnastics
Beekbergen, Nederland

Contactpersoon: M. Nijkamp

Datum: 28 september 2020

Versie: 3.0 (definitieve versie)

Sportlab: InnoSportLab 's-Hertogenbosch

Auteurs: S. van Meurs, MSc
S. van Cappellen, MSc, BSc
Drs. M.J.J.J. Aarts
Ir. A. Pluk



INNOSPORTLAB 'S-HERTOGENBOSCH

INNOVATION IN GYMNASTICS

InnoSportLab 's-Hertogenbosch – Innovatie in Gymnastische Sporten

Marathonloop 7a

5235 AA 's-Hertogenbosch

t: +31(0)73-6111270

m: +31(0)6-28351624

e: info@isldb.nl

i: www.isldb.nl



Inhoudsopgave

Introductie.....	1
Methode.....	2
Testobjecten.....	2
Meetprotocol	2
Testopstelling	3
Data-analyse en -verwerking.....	4
Resultaten	5
Vloer	6
Airtrack.....	6
Pegasus.....	8
Balk.....	8
Conclusie	10
Vloer	10
Airtrack.....	10
Pegasus.....	10
Balk.....	10
Literatuur.....	12



Introductie

Turn(st)ers worden tijdens het uitvoeren van turnonderdelen blootgesteld aan hoge impactkrachten. Deze impactkrachten dragen bij aan de incidentie van sportblessures (Seegmiller & McCaw, 2003). Sportblessures binnen het turnen vinden voornamelijk plaats aan de onderste extremiteiten (63%), maar ook blessures aan de romp (23%) en bovenste extremiteiten (14%) komen voor (Thomas & Thomas, 2019). 35% van de sportblessures betreft verstuikingen, maar ook peesblessures (17%), kneuzingen (10%) en botbreuken (7%) komen voor. Door de jonge piekleeftijd in het turnen zijn daarnaast blessures aan groeischijven problematisch. Het verminderen van impactkrachten biedt hiervoor mogelijk oplossing.

Met een achtergrond in de fysiotherapie maakt Martin Nijkamp zich als productmanager talentontwikkeling namens de Koninklijke Nederlandse Gymnastiek Unie (KNGU) hard voor het zogenoemde 'soft turnen'. Hierbij worden hoge impactkrachten zoveel mogelijk vermeden ter preventie van bij voorbeeld groeischijf blessures. Dit vergelijkende onderzoek, in samenwerking met Martin Nijkamp/KNGU, Janssen-Fritsen en de Airtrack Factory, helpt bij het verkrijgen van inzicht in de impactkracht, indrukking en terugkaatsing van verschillende turnmaterialen. Hiervoor wordt de maximale impactkracht, indrukking en terugkaatsing gemeten en vergeleken tussen verschillende turntoestellen met en zonder dempende materialen.

In dit vergelijkende onderzoek, uitgevoerd bij InnoSportLab 's-Hertogenbosch in het TeamNL trainingscentrum turnen in 's-Hertogenbosch, worden de FIG-vloer, Airtrack, Pegasus en balk met bijbehorende dempende materialen vergeleken. De benodigde materialen zijn geleverd door Janssen-Fritsen en de Airtrack Factory. De testen zijn zoveel mogelijk gebaseerd op de standaard testspecificaties en procedures volgens de Fédération Internationale de Gymnastique (FIG, 2012).



Methode

Testobjecten

In totaal werden 10 verschillende testobjecten gemeten. In **tabel 1** worden de verschillende testobjecten met bijbehorende specificaties weergegeven.

Tabel 1: testobjecten met bijgevoegde specificaties.

Test	Testobject	Specificaties
1	Vloer	2 vloerplaten (model: Apollo Antwerp)
2	Vloer + loper turnvloer	2 vloerplaten (model: Apollo Antwerp) Loper turnvloer
3	Airtrack P1	14x2m Airtrack P1 op 155, 205 en 245 mbar
4	Vloer + Airtrack P1	2 vloerplaten (model: Apollo Antwerp) 14x2m Airtrack P1 op 155, 205 en 245 mbar
5	Airtrack P1 + toplaag	14x2m Airtrack P1 op 155, 205 en 245 mbar Standaard toplaag van Apollo Antwerp vloer
6	Pegasus	Pegasus
7	Pegasus + trainingsdek	Pegasus met trainingsdek
8	Balk	Soft Touch
9	Balk + trainingsmat	Soft Touch met trainingsmat
10	Balk + padding	Soft Touch met padding

Twee vloerplaten uit de tumblingbaan van de heren turnhal zijn gebruikt als vloer. Voor dit onderzoek is een Airtrack P1 (10 cm hoog) met een afmeting van 14x2 meter (in het vervolg aangegeven als: Airtrack) gebruikt en deze is opgeblazen middels een Infinity blower, zoals meegeleverd door de Airtrack Factory. De testobjecten waarbij de Airtrack wordt gebruikt, worden gemeten met een luchtdruk van 155 mbar, 205 mbar en 245 mbar. De balk is gemeten op twee locaties, namelijk op indicatorpunt 125 en in het midden van de balk (afstand 2,50 m). Deze locaties worden in het vervolg respectievelijk punt A en punt B genoemd.

Meetprotocol

Tijdens de metingen worden de maximale impactkracht, indrukking en terugkaatsing bepaald. Deze parameters worden gemeten volgens de standaard FIG-testspecificaties en procedures, zoals beschreven in Fédération Internationale de Gymnastique (2012). Deze parameters worden hieronder in detail beschreven.

1. Maximale impactkracht

De maximale impactkracht wordt bepaald door het product van de massa van de impactor (in kg) en de versnelling van de impactor (in m/s^2). Deze wordt weergegeven in Newton (N). De versnelling is de instantane verandering van snelheid over tijd en kan positief (versnelling) of negatief (vertraging) zijn.

2. Maximale indrukking

Indrukking is de gemeten afstand (in cm) tussen het basisvlak en de maximale verplaatsing van de impactor onder het basisvlak. Het basisvlak is de plaats van contact tussen de impactor en het testobject. De hoogte van het basisvlak wordt gekalibreerd voor elke testobject. Het basisvlak



wordt gebruikt voor het bepalen van de maximale indrukking en de maximale hoogte van terugkaatsing.

3. Maximale terugkaatsing

De hoogte van terugkaatsing is de gemeten afstand (in cm) tussen het basisvlak en de maximale verplaatsing van de impactor boven het basisvlak na het eerste contact.

De impactsnelheid is de snelheid van de impactor (in m/s) direct voorafgaand aan het passeren van het basisvlak. Om te voldoen aan de eisen van de FIG, werd de impactsnelheid gemeten tijdens alle testen. Volgens de standaard FIG-testspecificaties en procedures moet de impactsnelheid van de impactor 3,96 m/s ($\pm 3\%$) zijn direct voorafgaand aan het contact met het testobject. De snelheid direct voorafgaand aan het contact moet daarom vallen binnen respectievelijk 3,84 m/s en 4,08 m/s.

De standaard FIG-testspecificaties en procedures gebruikt voor het meten van de vloer en Airtrack is WAG-4 (FIG, 2012). De standaard FIG-testspecificaties en procedures MAG-4 en WAG-3 zijn gebruikt voor respectievelijk de Pegasus en balk. Door de hoge betrouwbaarheid van de metingen is het testprotocol op een aantal punten vereenvoudigd. Zo zijn per testobject drie metingen per testobject uitgevoerd op één representatieve impactlocatie. De impactlocatie voor de vloer is te vergelijken met impactlocatie 3 volgens WAG-4 (FIG-2012). De Pegasus is gemeten op impactlocatie MP9 impactlocatie 2. Voor de balk zijn impactlocatie 2 (locatie A) en 4 (locatie B) gebruikt (zie **figuur 1**). De temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn niet gecontroleerd tijdens het onderzoek.



Figuur 1: Visuele weergave van de testopstelling met de Soft Touch balk. Aangegeven zijn de twee meetlocaties: meetlocatie A (op indicatorpunt 125 van de balk) en locatie B (midden van de balk).

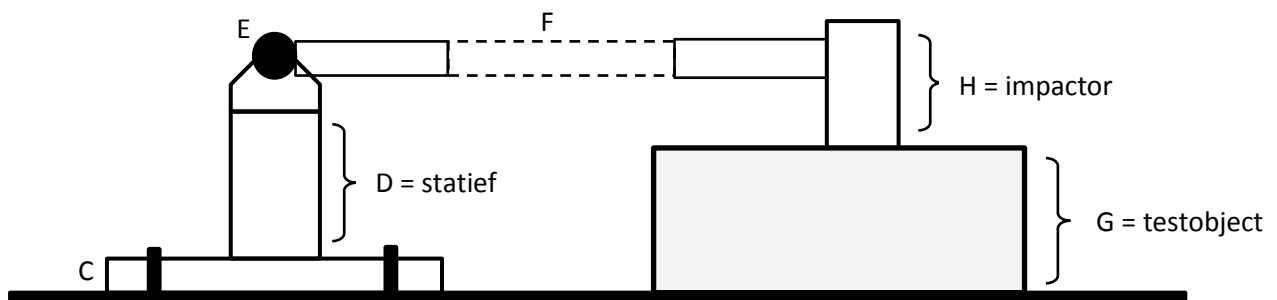
Testopstelling

Een schematische representatie van de testopstelling is weergegeven in **figuur 2**. De valhamer (F) wordt middels een bevestigingsplaat (C) bevestigd in de vloer om verplaatsing tijdens de meting te voorkomen. Het draaipunt (E) van de valhamer werd bevestigd aan een statief (D) op de bevestigingsplaat. De hoogte van het statief werd aangepast aan de hoogte van de verschillende



testobjecten (G). Dit werd gedaan om een vergelijkbare impactpositie van de impactor (H) te garanderen tijdens het meten van testobjecten van verschillende hoogten. Dit verklaart tevens de verschillende hoogtes van de valhamer tijdens het testen van verschillende testobjecten.

Om de impactsnelheid van 3,96 m/s te waarborgen wordt de impactor losgelaten middels een loslaatmechanisme dat is bevestigd boven het testobject. Hierdoor wordt verplaatsing tijdens het loslaten voorkomen. De snelheid van de impactor wordt gemeten middels een high-speed laser welke is bevestigd boven de impactor. De high-speed laser heeft een meetbereik tussen de 1 en 2 meter en de hoogte wordt aangepast aan de hoogte van het testobject. De maximale impactkracht, indrukking en terugkaatsing van de impactor werd tijdens elke meting bepaald.



Figuur 2: Schematische representatie van de valhamer opstelling met de bevestigingsplaat (C), statief (D), draaipunt valhamer (E), valhamer (F), testobject (G) en impactor (H).

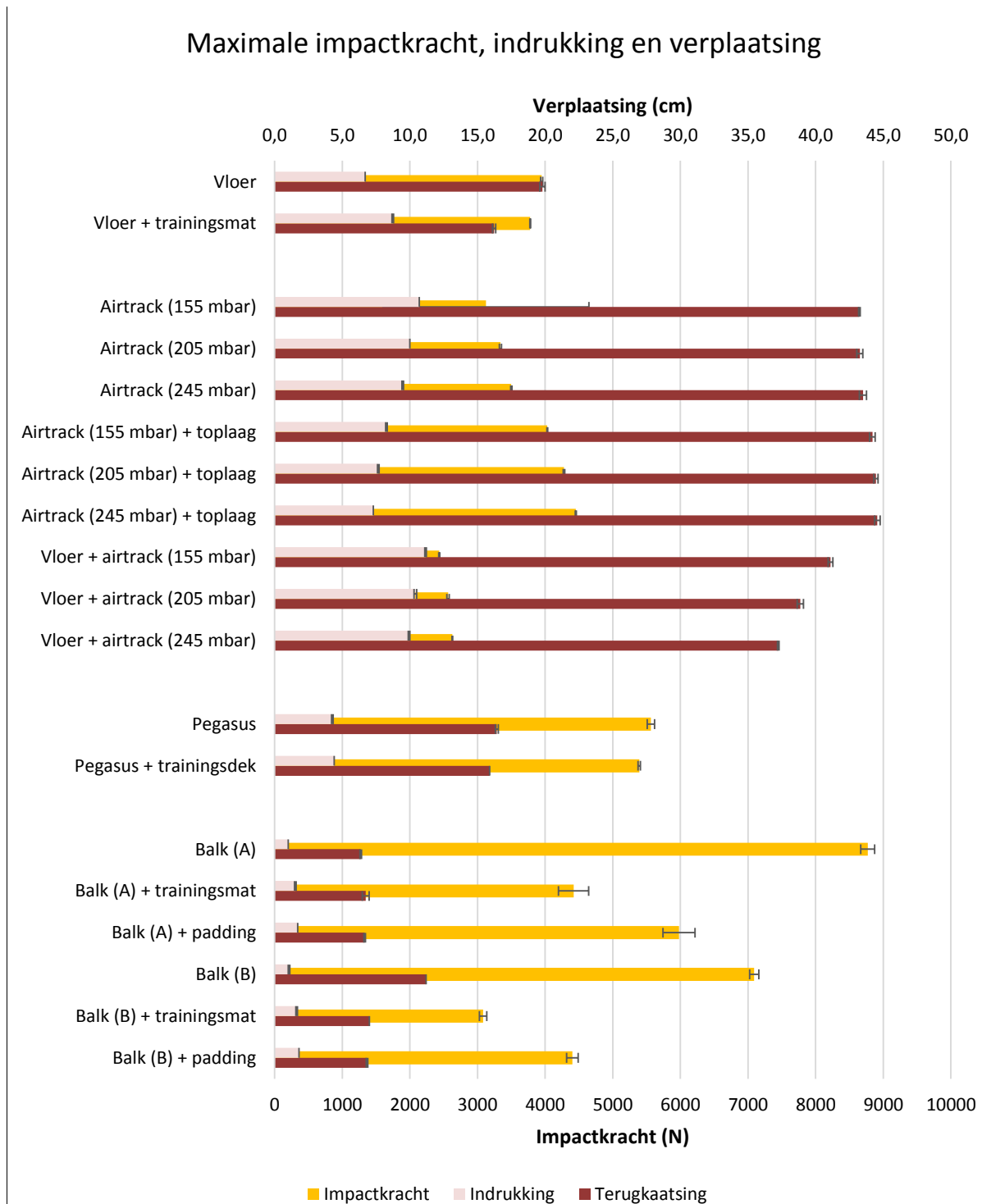
Data-analyse en -verwerking

Voor elk testobject worden de maximale impactkracht, indrukking en hoogte van terugkaatsing weergegeven per testobject. De verschillen tussen testobjecten worden berekend en uitgedrukt in procenten, waarbij 100% wordt gebruikt als waarde voor het testobject waarmee vergeleken wordt. Een waarde van 80% van een testobject betekent dus 20% lager dan de waarde van het testobject waarmee deze is vergeleken.



Resultaten

Het verschil in maximale kracht, indrukking en terugkaatsing is berekend tussen de verschillende testobjecten. Een visuele weergave van de resultaten is weergegeven in **figuur 3**. Vervolgens wordt per turntoestel de data met bijbehorende procentuele verschillen weergegeven in tabelvorm.



Figuur 3: Grafische weergave van de gemiddelde (\pm standaarddeviatie) maximale impactkracht (in N), indrukking (in cm) en terugkaatsing (in cm) voor de verschillende testobjecten.



Vloer

Het gebruik van een trainingsmat op de FIG-vloer zorgt voor een afname in maximale kracht van 171 N (4%). De maximale indrukking neemt toe met 2,0 cm (30%) terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 3,6 cm (18%). De data en procentuele verschillen zijn weergegeven in **tabel 2**.

Tabel 2: Maximale kracht (N), indrukking (cm) en terugkaatsing (cm) (\pm standaarddeviatie) en procentuele verschillen tussen de vloer (= 100%) en vloer + trainingsmat.

Testobject	Kracht _{max} (N)	Indrukking _{max} (cm)	Terugkaatsing _{max} (cm)
Vloer	3950 \pm 16	6,7 \pm 0,0	19,8 \pm 0,2
Vloer + trainingsmat	3779 \pm 5	8,7 \pm 0,1	16,2 \pm 0,1
Vershil	96%	130%	82%

Airtrack

De Airtrack is gemeten in drie testvormen, te weten: 1) Airtrack zonder toplaag, 2) Airtrack met toplaag en 3) Airtrack op een FIG-vloer. De Airtrack is in alle drie de testvormen opgeblazen tot een druk van 155 mbar, 205 mbar en 245 mbar. De data van de maximale kracht, indrukking en terugkaatsing is weergegeven in **tabel 3**.

Tabel 3: Maximale kracht (N), indrukking (cm) en terugkaatsing (cm) (\pm standaarddeviatie) voor de Airtrack, Airtrack + toplaag en vloer + Airtrack op 155 mbar, 205 mbar en 245 mbar.

Testobject	Druk (mbar)	Kracht _{max} (N)	Indrukking _{max} (cm)	Terugkaatsing _{max} (cm)
Airtrack	155	3126 \pm 1523*	10,7 \pm 0,0	43,2 \pm 0,1
	205	3339 \pm 15	10,0 \pm 0,0	43,3 \pm 0,2
	245	3500 \pm 10	9,5 \pm 0,1	43,5 \pm 0,3
Airtrack + toplaag	155	4032 \pm 5	8,3 \pm 0,1	44,2 \pm 0,2
	205	4278 \pm 11	7,7 \pm 0,1	44,5 \pm 0,2
	245	4453 \pm 8	7,3 \pm 0,0	44,6 \pm 0,2
Vloer + Airtrack	155	2435 \pm 8	11,2 \pm 0,1	41,1 \pm 0,2
	205	2565 \pm 16	10,4 \pm 0,1	38,9 \pm 0,2
	245	2628 \pm 4	9,9 \pm 0,1	37,2 \pm 0,1

* Deze grote standaarddeviatie wordt veroorzaakt door het raken van de grond door de impactor door een te lage luchtdruk van de Airtrack.

De maximale kracht, indrukking en terugkaatsing wordt voor elke testvorm vergeleken tussen de verschillende luchtdrukken. De procentuele verschillen zijn weergegeven in **tabel 4**. De maximale kracht neemt af met 374 N (11%) op de Airtrack met een luchtdruk van 155 mbar vergeleken met 245 mbar. De maximale indrukking neemt toe met 1,2 cm (13%), terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 0,3 cm (1%). De maximale kracht Airtrack op 205 mbar neemt af met 161 N (5%) vergeleken met de Airtrack op 245 mbar. De maximale indrukking neemt toe met 0,5 cm (5%) terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 0,2 cm (0%). Vergelijkbare resultaten worden gevonden voor de Airtrack met toplaag en de Airtrack op de FIG-vloer. Afwijkend is de terugkaatsing wanneer de Airtrack op de FIG-vloer ligt. In dit geval neemt de maximale terugkaatsing op 155 mbar en 205 mbar toe met respectievelijk 3,9 cm (10%) en 1,7 cm (5%) vergeleken met de Airtrack op een luchtdruk van 245 mbar.



Tabel 4: Procentuele verschillen in maximale kracht, indrukking en terugkaatsing per testvorm tussen 155 mbar en 205 mbar t.o.v. 245 mbar (= 100%).

Testobject		Kracht	Indrukking	Terugkaatsing
Airtrack	155 mbar*	89%	113%	99%
	205 mbar	95%	105%	100%
Airtrack + toplaag	155 mbar	91%	114%	99%
	205 mbar	96%	105%	100%
Vloer + Airtrack	155 mbar	93%	113%	110%
	205 mbar	98%	105%	105%

* Procentuele verschillen niet representatief door te lage luchtdruk van de Airtrack doordat de impactor door de Airtrack de grond raakt.

Daarnaast zijn de maximale kracht, indrukking en terugkaatsing per luchtdruk vergeleken tussen de verschillende testvormen. De procentuele verschillen zijn weergegeven in **tabel 5**. Op 155 mbar zorgt de Airtrack met toplaag voor een toename in maximale kracht van 906 N (29%) vergeleken met de Airtrack zonder toplaag. De maximale indrukking neemt af met 2,4 cm (22%) terwijl de terugkaatsing toeneemt met 1,0 cm (2%). Als de Airtrack op een FIG-vloer ligt, neemt de maximale kracht echter af met 691 N (22%). De maximale indrukking neemt hierdoor toe met 0,5 cm (5%) terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 2,1 cm (5%). Wanneer de Airtrack op de FIG-vloer wordt vergeleken met de Airtrack met toplaag, beide op 155 mbar, neemt de maximale kracht af met 1597 N (40%). De maximale indrukking neemt hierdoor toe met 2,9 cm (35%) terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 3,1 cm (7%). Vergelijkbare resultaten worden gevonden op 205 mbar en 245 mbar (zie **tabel 5**).

Tabel 5: Procentuele verschillen in maximale kracht, indrukking en terugkaatsing per luchtdruk (mbar) tussen de Airtrack, Airtrack + toplaag en vloer + Airtrack (testobject A t.o.v. testobject B). Let op: testobject B = 100%

	Testobject A	Testobject B	Kracht	Indrukking	Terugkaatsing
155 mbar	Airtrack + toplaag	Airtrack*	129%	78%	102%
	Vloer + Airtrack	Airtrack*	78%	105%	95%
	Vloer + Airtrack	Airtrack + toplaag	60%	135%	93%
205 mbar	Airtrack + toplaag	Airtrack	128%	77%	103%
	Vloer + Airtrack	Airtrack	77%	104%	90%
	Vloer + Airtrack	Airtrack + toplaag	60%	135%	87%
245 mbar	Airtrack + toplaag	Airtrack	127%	77%	103%
	Vloer + Airtrack	Airtrack	75%	104%	86%
	Vloer + Airtrack	Airtrack + toplaag	59%	136%	83%

* Procentuele verschillen niet representatief door te lage luchtdruk van de Airtrack doordat de impactor door de Airtrack de grond raakt.

Tot slot zijn de verschillende testvormen van de Airtrack, per druk vergeleken met de FIG-vloer. De procentuele verschillen zijn de vinden in **tabel 6**. De maximale kracht op de Airtrack op een druk van 155 mbar is 824 N (21%) lager vergeleken met de FIG-vloer. De maximale indrukking en terugkaatsing zijn echter 4,0 cm (60%) en 23,4 cm (118%) hoger vergeleken met de FIG-vloer, respectievelijk. Met toenemende druk van de Airtrack neemt het verschil in maximale kracht af vergeleken met de FIG-vloer, terwijl het verschil in maximale indrukking en terugkaatsing toeneemt (zie **tabel 6**).

Als de Airtrack met toplaag wordt vergeleken met de FIG-vloer, wordt op 155 mbar een toename in maximale kracht gevonden van 82 N (2%). De maximale indrukking en terugkaatsing nemen toe met 1,6 cm (24%) en 24,4 cm (123%), respectievelijk. Met toenemende druk van de Airtrack met toplaag neemt het verschil in maximale kracht en terugkaatsing toe vergeleken met de FIG-vloer, terwijl het verschil in maximale indrukking afneemt.



Daarnaast is de maximale kracht, indrukking en terugkaatsing van de Airtrack op de FIG-vloer vergeleken met de FIG-vloer. De Airtrack op de FIG-vloer met een druk van 155 mbar zorgt voor een afname in maximale kracht van 1515 N (38%). De maximale indrukking en terugkaatsing namen daarentegen toe met 4,5 cm (67%) en 21,3 cm (108%), respectievelijk. Met een toenemende druk nam echter het Procentuele verschil in de maximale kracht, indrukking en terugkaatsing van de Airtrack op de FIG-vloer af vergeleken met FIG-vloer af.

Tabel 6: Procentuele verschillen in maximale kracht, indrukking en terugkaatsing tussen de Airtrack, Airtrack + toplaag en vloer + Airtrack t.o.v. de FIG-vloer (= 100%).

Testobject A	Druk (mbar)	Kracht	Indrukking	Terugkaatsing
Airtrack	155*	79%	160%	218%
	205	85%	149%	219%
	245	89%	142%	220%
Airtrack + toplaag	155	102%	124%	223%
	205	108%	115%	225%
	245	113%	109%	225%
Vloer + Airtrack	155	62%	167%	208%
	205	65%	155%	196%
	245	67%	148%	188%

* Procentuele verschillen niet representatief door te lage luchtdruk van de Airtrack doordat de impactor door de Airtrack de grond raakt.

Pegasus

Het gebruik van een trainingsdek op de Pegasus zorgt voor een afname in maximale kracht van 173 N (3%). De maximale indrukking neemt toe met 0,1 cm (3%), terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 0,5 cm (3%). De data en procentuele verschillen zijn weergegeven in **tabel 7**.

Tabel 7: Maximale kracht (N), indrukking (cm) en terugkaatsing (cm) (\pm standaarddeviatie) en procentuele verschillen tussen de Pegasus (= 100%) en Pegasus + trainingsdek.

Testobject	Kracht _{max} (N)	Indrukking _{max} (cm)	Terugkaatsing _{max} (cm)
Pegasus	5565 \pm 53	4,3 \pm 0,1	16,4 \pm 0,1
Pegasus + trainingsdek	5392 \pm 18	4,4 \pm 0,0	15,9 \pm 0,0
Vershil	97%	103%	97%

Balk

De valhamermetingen op de balk zijn uitgevoerd op twee verschillende posities, namelijk: 1) boven het ophangmechanisme (locatie A) en in het midden van de balk (locatie B) (zie **figuur 1**). De data van de maximale kracht, indrukking en terugkaatsing is weergegeven in **tabel 8**.

Tabel 8: Maximale kracht (N), indrukking (cm) en terugkaatsing (cm) (\pm standaarddeviatie) voor de balk, balk + trainingsmat en balk + padding op locatie A en B. Locatie A = indicatorpunt 125; Locatie B = midden van de balk.

Testobject	Kracht _{max} (N)	Indrukking _{max} (cm)	Terugkaatsing _{max} (cm)
Balk (A)	8770 \pm 103	1,0 \pm 0,0	6,4 \pm 0,1
Balk (A) + trainingsmat	4421 \pm 225	1,5 \pm 0,1	6,7 \pm 0,3
Balk (A) + padding	5979 \pm 237	1,7 \pm 0,0	6,7 \pm 0,1
Balk (B)	7092 \pm 67	1,1 \pm 0,1	11,2 \pm 0,0
Balk (B) + trainingsmat	3083 \pm 53	1,6 \pm 0,1	7,0 \pm 0,0
Balk (B) + padding	4403 \pm 87	1,8 \pm 0,0	6,8 \pm 0,1



Op locatie A zorgt een trainingsmat voor een afname in maximale kracht van 4349 N (50%). De maximale indrukking en terugkaatsing nemen respectievelijk toe met 0,5 cm (50%) en 0,3 cm (5%). De padding zorgt op locatie A voor een afname in maximale kracht van 2791 N (32%). De maximale indrukking en terugkaatsing nemen door de padding toe met 0,7 cm (70%) en 0,3 cm (5%), respectievelijk.

In het midden van de balk (locatie B) zorgt een trainingsmat voor een afname in maximale kracht van 4009 N (57%). De maximale indrukking neemt toe met 0,5 cm (45%), terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 4,2 cm (38%). De padding zorgt in het midden van de balk voor een afname in maximale kracht van 2689 N (38%). De maximale indrukking neemt door de padding toe met 0,7 cm (64%), terwijl de maximale terugkaatsing afneemt met 4,4 cm (39%). De procentuele verschillen tussen de balk met trainingsmat of padding en enkel de balk worden weergegeven in **tabel 9**.

Tabel 9: Procentuele verschillen in maximale kracht, indrukking en terugkaatsing tussen de balk met trainingsmat of padding en de balk zonder dempingsmateriaal (= 100%) op locatie A (indicatorpunt 125) en locatie B (midden van de balk).

Afstand	Testobject A	Kracht	Indrukking	Terugkaatsing
Balk (A)	Balk + trainingsmat	50%	150%	105%
	Balk + padding	68%	170%	105%
Balk (B)	Balk + trainingsmat	43%	145%	63%
	Balk + padding	62%	164%	61%

De maximale impactkracht op de balk, zonder trainingsmat of padding, is 1678 N lager (19,13%) op locatie A vergeleken met locatie B. De maximale indrukking en maximale terugkaatsing zijn respectievelijk 0,1 cm (6,67%) en 4,8 cm (75,92%) groter op locatie B vergeleken met locatie A.



Conclusie

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of er verschil in maximale impactkracht is op de FIG-vloer, Airtrack, Pegasus en balk met en zonder gebruik van dempingsmaterialen. Voor het creëren van een realistisch beeld wordt naast de maximale impactkracht ook de maximale indrukking en terugkaatsing benoemd (vergelijkbaar met de FIG-testprotocollen). De belangrijkste conclusies met een korte verklaring worden hieronder weergegeven.

Vloer

Op de FIG-vloer zorgt een trainingsmat voor een reductie in maximale impactkracht van 4%. Deze reductie wordt veroorzaakt door een meer geleidelijke afname in versnelling. Deze geleidelijke afname in versnelling wordt met name veroorzaakt door een 30% toename in maximale indrukking van de vloer met trainingsmat vergeleken met alleen de vloer. Mogelijk wordt de reductie in maximale impactkracht lager bij verdere toename van de impactkracht.

Airtrack

De Airtrack is opgeblazen tot een luchtdruk van 155, 205 en 245 mbar. Uit de resultaten blijkt dat een druk van 155 mbar echter te laag is, omdat de impactor op deze luchtdruk de grond raakt. Dit is te zien aan de hoge standaarddeviatie (zie **tabel 3, p.6**). Hierdoor is deze testvorm tevens niet representatief voor verdere vergelijking.

De maximale impactkracht op de Airtrack neemt toe bij toenemende luchtdruk door de grotere vertraging (negatieve versnelling). De toename in impactkracht is het grootst wanneer de toplaag op de Airtrack ligt. Dit levert mogelijk een positieve bijdrage aan de stabiliteit tijdens de afzet door een grotere verspreiding van de druk op de Airtrack. De toename in maximale kracht gaat gepaard met een afname in de maximale indrukking door een toename luchtdruk. De maximale terugkaatsing van de Airtrack is gemiddeld 113% hoger dan de maximale terugkaatsing op de FIG-vloer.

Voor het reduceren van de maximale impactkracht heeft het gebruik van een Airtrack op de FIG-vloer de voorkeur boven het gebruik van een FIG-vloer alleen. Daarnaast is de maximale impactkracht lager op de Airtrack vergeleken met de FIG-vloer. Een toplaag op de Airtrack zorgt voor een toename in maximale impactkracht vergeleken met de FIG-vloer. Voor het reduceren van de maximale impactkracht lijkt het toevoegen van een toplaag op de Airtrack daarom af te raden. Door een toename van de maximale impactkracht bij toenemende luchtdruk van de Airtrack, wordt voor alle condities een zo laag mogelijke luchtdruk geadviseerd op voorwaarde dat de grond niet wordt geraakt tijdens gebruik.

Pegasus

Het trainingsdek van Janssen-Fritsen op de Pegasus zorgt voor een afname in maximale kracht van 3% door een meer geleidelijke afname in versnelling. Vergelijkbaar zoals bij de vloer gaat dit gepaard met een toename in indrukking door het indrukken van het trainingsdek.

Balk

De maximale kracht op de balk, zonder trainingsmat of padding, is lager op locatie B vergeleken met locatie A (zie **figuur 1, p.3**). Tevens zijn de maximale indrukking en maximale terugkaatsing groter op



punt B. Dit verschil is mogelijk te verklaren door het verschil in buiging van de balk op locatie B (midden van de balk) vergeleken met locatie A (het ophangpunt).

Opvallend is dat de trainingsmat en padding op de balk zorgen voor een afname van respectievelijk 65% en 47% in maximale impactkracht vergeleken met enkel de balk. Voor het reduceren van de maximale impactkracht op de balk heeft het gebruik van een trainingsmat daarom de voorkeur boven een padding. De afname in maximale impactkracht is te verklaren door de toename in indrukking en demping van de balk met padding of trainingsmat in vergelijking met de balk alleen.



Literatuur

Fédération Internationale de Gymnastique (F.I.G.) (2012) FIG Apparatus Norms – Part IV Testing Procedures.

Seegmiller, J. G., & McCaw, S. T. (2003). Ground reaction forces among gymnasts and recreational athletes in drop landings. *Journal of athletic training*, 38(4), 311.

Thomas, R. E., & Thomas, B. C. (2019). A systematic review of injuries in gymnastics. *The Physician and Sportsmedicine*, 47(1), 96-121.



INNOSPORTLAB 'S-HERTOGENBOSCH

INNOVATION IN GYMNASTICS

InnoSportLab 's-Hertogenbosch – Innovatie in Gymnastische Sporten

Marathonloop 7a

5235 AA 's-Hertogenbosch

t: +31(0)73-6111270

m: +31(0)6-28351624

e: info@isldb.nl

i: www.isldb.nl