

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 工程學(一)科

佳作

052312

寶寶喝奶小幫手

學校名稱：桃園育達學校財團法人桃園市育達高級中  
等學校

作者：  高二 鍾焱芮  高二 王紫庭	指導老師：  林自明
---------------------------------	------------------

關鍵詞：可壓縮流體、連通管、防脹氣

## 摘要

牛奶是嬰兒主要營養來源。喝奶時吸吮奶嘴的動作，對於新生兒是一種口腔肌肉的訓練，更是心理層面的滿足。

嬰兒喝奶時，總會剩下大約 30ml，對家長而言除了擔心寶寶營養不夠外，金錢上的浪費更是驚人。以出生一個月的嬰兒為例，每天需喝 6~7 次奶，每次約 120ml。以每天喝 6 次牛奶。平均一周會喝完一罐奶粉，其中約四分之一是沒喝完倒掉，這樣一個月平均倒掉奶粉成本就超過一千元。

本研究發現，嬰兒吸奶過程中會造成瓶內壓力小於環境壓力。當瓶內液體剩下約原本的 1/4 時，瓶內、外壓力差會使嬰兒吸吮力道不足以將牛奶吸出。因此大部分嬰兒都會放棄。本研究設計了一個加壓機構，藉由調整瓶內外壓力差，幫助嬰兒順利的喝完牛奶。

## 壹、研究動機

我的阿姨去年當媽媽。小表弟每次喝奶幾乎都會剩下 30ml 左右。大人總是覺得小表弟頑皮。所以就會跟阿姨說：不然妳少泡一點。但說也奇怪，不管阿姨是多泡或少泡。小表弟幾乎都會剩下 30ml 左右的牛奶。當然小表弟每次的胃口可能不同。但每次都能剩下差不多的牛奶。應該不是頑皮可以解釋的。

剛好最近物理課上到了壓力這單元。上課時我突然想通，說不定是因為奶瓶的壓力與環境不同。加上小表弟的小嘴巴力量不夠，造成他無法順利的把牛奶吸出來。

因此我和好朋友想要一起做一個研究，希望能找到幫助小表弟順利把牛奶喝完的方法。

## 貳、研究目的

一、探討 0~1 歲小嬰兒的每日牛奶需求量相關資訊。

二、探討牛奶消耗過程中瓶內壓力的變化。

三、設計一款奶瓶調壓裝置。

## 參、文獻探討



### 一、0~1 歲新生兒每日配方奶建議量及次數表


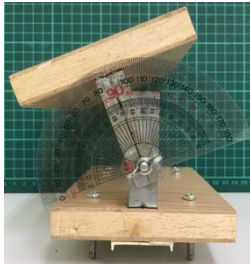

年齡	份量(每次)	次數(每天)
出生 1-3 天	5-20ml	8-12 次
出生 4-7 天	25-50ml	8-12 次
出生 7-15 天	60-90ml	8-12 次
出生 15-30 天	80-120ml	8-10 次
滿月-2 個月	100-120ml	6-7 次
2-4 個月	120-180ml	5-6 次
4-6 個月	180-230ml	4-5 次
6-8 個月	230-300ml	4-5 次
8-12 個月	300ml	4 次

## 二、市售前五大嬰幼兒奶粉比較表

品牌	桂格	惠氏	惠氏	雀巢	諾優能
市售率	24.70%	11.19%	11.00%	10.58%	3.96%
名稱	愛力心 成長奶粉	Illuma 啟賦 3	S-26 金幼兒樂	能恩水解 3	金版幼兒 成長配方
重量	825g	800g	850g	800g	900g
價格	\$649	\$1580	\$699	\$769	\$769
湯匙容量	7.6g	8.45g	6g	4.56g	4.8g
泡奶比例 1 匙：水	1：25	1：43	1：30	1：30	1：30
一罐匙數	約 108 匙	約 94 匙	約 141 匙	約 175 匙	約 187 匙
一匙成本	約\$7.6	約\$16.8	約\$5.0	約\$4.4	約\$4.1

## 肆、研究設備及器材

編號	名稱	圖示
01	水泵 (SWP-1218)	
02	PWM 直流電機調速器	

03	奶瓶	
04	角度平台	
05	台達 DPA 系列壓力感測器 (型號：DPA01M-P)	

## 伍、研究方法及過程

### 一、研究方法

經過文獻探討後，我們發現嬰兒喝奶喝不完這個看似簡單的小舉動。日積月累下來，每個月浪費的奶粉價格竟然接近一千元。在嬰兒一歲之前，累積浪費的奶粉錢就會超過一萬元。為了確認嬰兒喝奶喝不完這個舉動不是頑皮。我請阿姨幫我們做了兩個測試。

[測試一]：

我請阿姨在餵表弟喝奶時，將原本預計要泡 120ml 的牛奶，改成泡兩瓶容量分為 60ml 及 120ml，先餵表弟喝 120ml 那瓶。果然如預期的，表弟喝到剩下 30ml 時，就不喝了。這時換另一瓶原本裝有 60ml 的牛奶。結果表弟又繼續喝了大約 35ml 後，又不喝了。

[測試二]：

有了測試一的經驗後，我們規劃了第二個測試。我們先讓表弟繼續維持他原有的喝奶規律。過了幾天規律的生活後，我們又請阿姨在餵表弟喝奶時，改成一次泡 150ml。我們預測表弟剩下的牛奶，會比 30ml 稍多。當天表弟中午的喝奶是一瓶 120ml，喝到剩下 30ml。下午喝奶時，阿姨泡了 150ml，結果剩下 34ml。

經過這兩個測試，我們已經確定表弟喝奶喝不完，是因為空氣壓力關係，而不是他頑皮。接著，我們就要設計實驗來量化這是狀況，並且希望找到解決的方法。

首先我們根據口腔刺激運動對於新生兒吸吮能力的影響<sup>[2]</sup>一文中提到的結論可知。0~1 歲嬰兒的平均吸吮壓力約在 6.8~28.5KPa 之間。因此，我們取該文獻中提到的中位數 17KPa 吸吮壓力做為標準，設計一組吸力裝置，希望藉由模擬實驗，來得知嬰兒喝奶的過程會發生什麼問題。

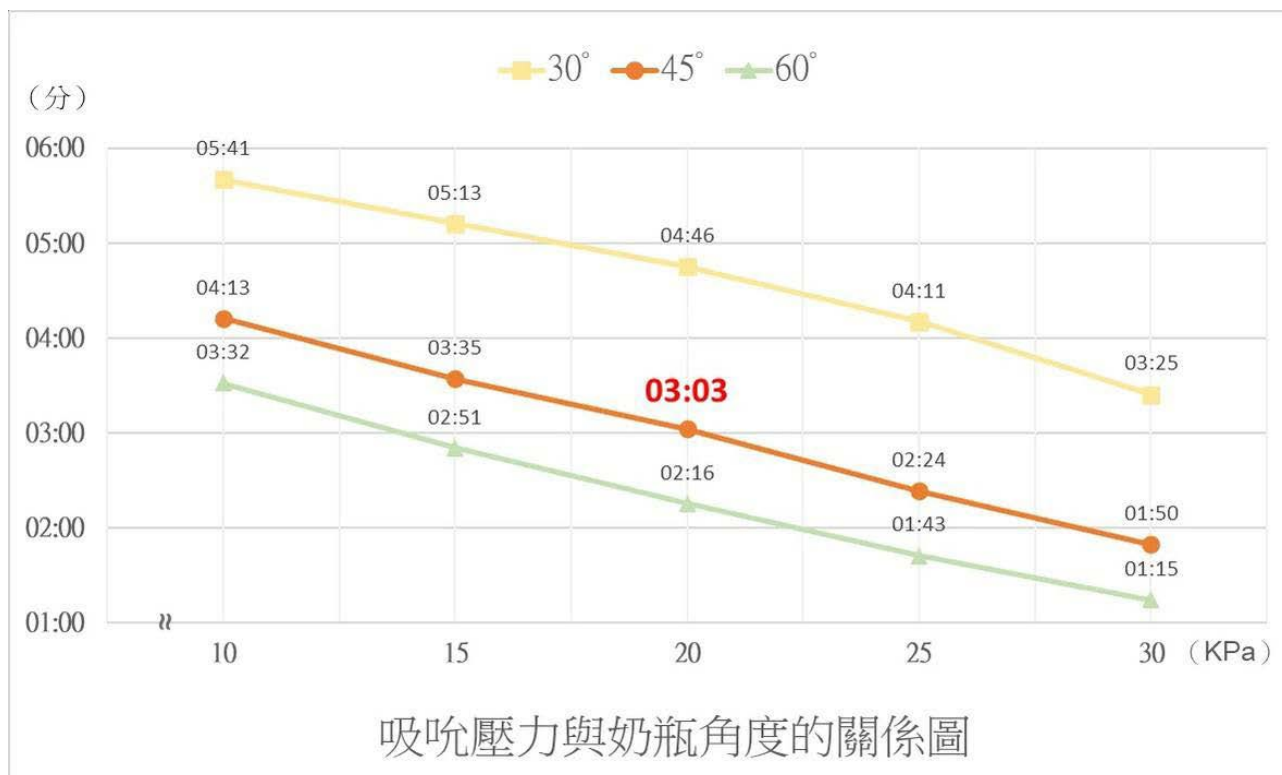
## 二、研究過程

本研究的實驗數據處理方式為，每個實驗主題中的小實驗，皆實驗 12 次。扣除差異較大的兩筆資料後，剩餘十筆資料計算該實驗的數據平均值：

【實驗 1】：用四捨五入法取到秒數位。

【實驗 2】：用四捨五入法取到小數第一位。

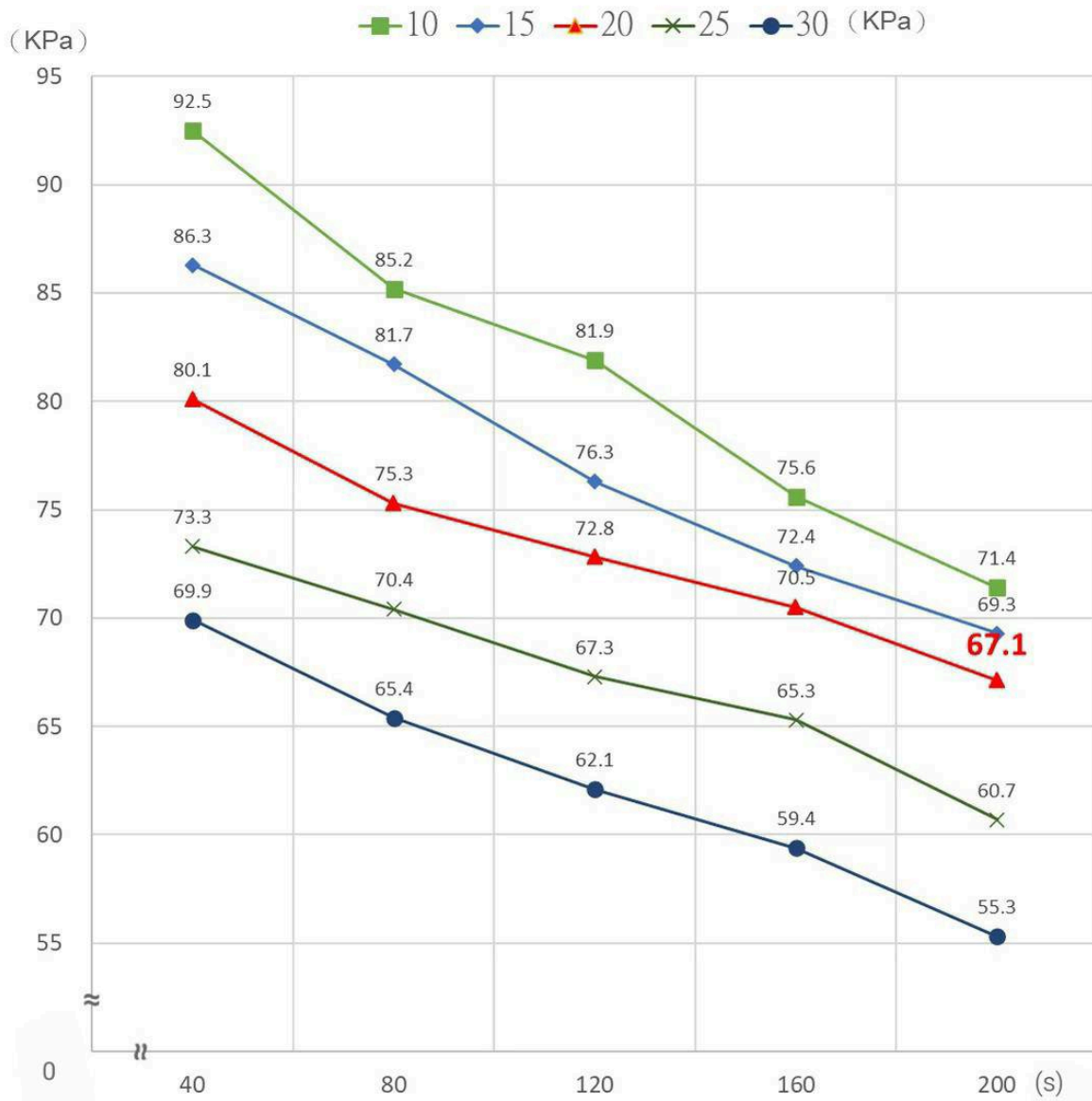
【實驗 1】：使用微型抽水機模擬小嬰兒吸奶狀態。



實驗條件：奶瓶容量=160ml，瓶內水量=120ml，採五種吸吮壓力及三種奶瓶角度。

【實驗 2】：使用壓力感測器測量喝奶時，瓶內壓力的變化。

實驗條件：奶瓶容量=160ml，瓶內水量=120ml，奶瓶與水平面夾角 45°。



吸吮壓力與瓶內壓力的關係圖



## 陸、討論

一、根據實驗一及實驗二，我們可以得到寶寶不把最後 30ml 喝完。是因為他們的嘴部肌肉吸吮壓力不足導致。尤其當餵奶者想說只有喝 120ml 時，大多會偷懶採用容量較小的奶瓶(標示容量為 160ml，實測容量約 240ml)餵奶，這時剩餘牛奶受到壓力影響的程度，相對於容量較大的奶瓶(標示容量為 240ml，實測容量約 300ml)，更為明顯。

二、網路上常見的解決方式有以下三種，我們將此三種做了一個比較表。

	方法描述	結果
方法一	奶嘴不要轉緊，讓螺紋處有空隙可讓空氣平衡。	轉太少，沒效果。轉太多，容易漏奶。一般父母不易掌握，且大多寶寶還是會剩下牛奶。
方法二	將奶瓶轉開，讓壓力平衡。	以理論上似乎合理。但實際操作時，依舊會有剩奶的問題。我們也因此發現，水頭差問題。
方法三	採用防脹奶奶嘴	比方法二容易平衡壓力，但依舊無法解決水頭差問題。

## 柒、結論

以下是根據本研究所得到的結論。

一、除了平衡瓶內、外空氣壓力外，牛奶減少過程中，液面高度造成的水頭差，更是影響寶寶剩奶的關鍵因素。以常見的奶瓶規格來說，奶瓶內部的潔面積約為  $18\text{cm}^2$ 。當奶瓶裝滿 120ml 牛奶時，與瓶內牛奶僅剩 30ml 時，瓶內的液面高度相差約為 5cm，此時瓶內空氣體積增加，加上液面減少。這時瓶內的壓力大約會減少 6.7KPa。以 0~1 歲寶寶的吸吮壓力中位數約為 17KPa，幾乎是要增加 39% 的吸吮壓力才能順利吸出牛奶。這也難怪小表弟除非很餓，不然幾乎都會剩下牛奶。

二、我們目前在設計一個簡易的調壓及加壓環。希望藉由適當的調整並增加奶瓶瓶內的壓力，讓寶寶們都能順利的每餐把牛奶喝光光。

## 捌、參考文獻

- [01] 2023 年精選 11 款人氣配方奶推薦。取自：<https://reurl.cc/EGgbeR>
- [02] 口腔刺激運動對於新生兒吸吮能力的影響。取自：  
<http://irlib.ntunhs.edu.tw/retrieve/4894/102NTCN0563058-001.pdf>
- [03] 水泵。取自：<https://reurl.cc/RvL9oe>
- [04] PWM 調壓控制模組。取自：<https://reurl.cc/gZen3L>
- [05] 流體壓力開關。取自：<https://reurl.cc/jlQm2M>
- [06] 防脹氣奶瓶。取自：<https://reurl.cc/3O6blM>
- [07] 理想氣體方程式。取自：<https://reurl.cc/klM8Wx>
- [08] 什麼是水頭損失。取自：<https://reurl.cc/WDA8Yy>

## 【評語】 052312

1. 作者觀察到嬰兒吸奶過程中會造成瓶內壓力小於環境壓力，當瓶內液體剩下約 30ml 時，瓶內、外壓力差會使嬰兒吸吮力道不足以將牛奶吸出。作品設計了一個加壓機構，能夠有效率的幫助嬰兒順利喝完牛奶，相當具有創新性。
2. 加壓環及加壓裝置設備可以再考慮改進，減少複雜度及可能對嬰兒喝奶時的干擾。
3. 本作品考慮到嬰兒吸奶時的問題，並探究原因、建立模型，更提出解決方案，值得鼓勵。

# 作品海報

# 摘要

嬰兒喝奶是主要的營養來源。喝奶時吸吮奶嘴的動作，對於新生兒除了是一種口腔肌肉的訓練，更是心理層面的滿足。但大多數嬰兒喝奶時，總會剩下大約30ml，對家長而言除了擔心寶寶營養不夠外，在金錢上的浪費更是驚人。以出生一個月的嬰兒為例，每天約需喝6~7次奶，每次約為120ml。就以每天喝6次牛奶。平均一周會喝完一罐奶粉，其中有約四分之一是沒喝完倒掉，這樣一個月平均倒掉奶粉成本就超過一千元。

本研究發現，嬰兒吸奶過程中會造成瓶內壓力小於環境壓力。當瓶內液體剩下約原本的1/4時，瓶內、外壓力差會使嬰兒吸吮力道不足以將牛奶吸出。因此大部分嬰兒都會放棄。本研究設計了一個加壓機構，藉由調整瓶內外壓力差，來幫助嬰兒能順利的喝完牛奶。

## 壹、研究動機

我的阿姨去年當媽媽。我發現小表弟每次喝奶幾乎都會剩下30ml左右。大人總是覺得小表弟頑皮。所以就會跟阿姨說：不然妳少泡一點。但說也奇怪，不管阿姨是多泡或少泡。小表弟幾乎都會剩下30ml左右的牛奶。當然小表弟每次的胃口可能不同。但每次都能剩下差不多的牛奶。應該不是頑皮可以解釋的。

剛好最近物理課上到了壓力這單元。上課時我突然想通，說不定是因為奶瓶的壓力與環境不同。加上小表弟的小嘴巴力量不夠，造成他無法順利的把牛奶吸出來。

因此我和好朋友想要一起做一個研究，希望能找到幫助小表弟順利把牛奶喝完的方法。

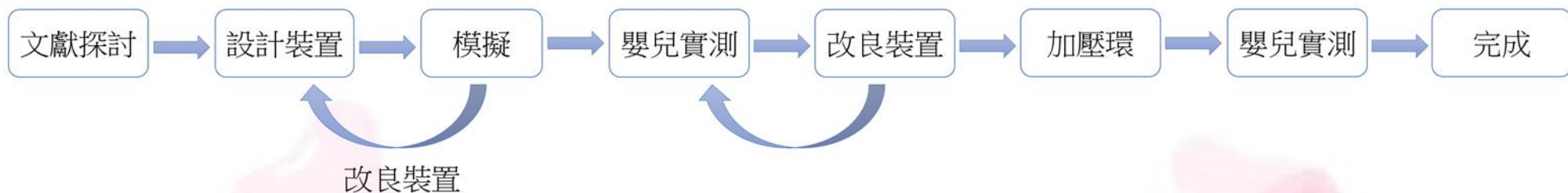
以下為市售前五大嬰幼兒奶粉比較表

品牌	桂格	惠氏	惠氏	雀巢	諾優能
市售率	24.70%	11.19%	11.00%	10.58%	3.96%
名稱	愛力心 成長奶粉	lluma 啟賦3	S-26 金幼兒樂	能恩水解3	金版幼兒 成長配方
重量	825g	800g	850g	800g	900g
價格	\$649	\$1580	\$699	\$769	\$769
湯匙容量	7.6g	8.45g	6g	4.56g	4.8g
泡奶比例 1匙：水	1：25	1：43	1：30	1：30	1：30
一罐匙數	約108匙	約94匙	約141匙	約175匙	約187匙
一匙成本	約\$7.6	約\$16.8	約\$5.0	約\$4.4	約\$4.1

## 貳、研究目的

- 一、探討0~1歲小嬰兒的每日牛奶需求量相關資訊。
- 二、探討牛奶消耗過程中瓶內壓力的變化。
- 三、設計一款奶瓶調壓裝置。

## 參、研究流程



## 肆、文獻探討

一、網路上常見的剩奶解決方式有以下三種，我們將此三種做了一個比較表。

	方法描述	結果
方法一	奶嘴不要轉緊，讓螺紋處有空隙可讓空氣平衡。	轉太少，沒效果。轉太多，容易漏奶。一般父母不易掌握，且大多寶寶還是會剩下牛奶。
方法二	將奶瓶轉開，讓壓力平衡。	以理論上似乎合理。但實際操作時，依舊會有剩奶的問題。我們也因此發現，水頭差問題。
方法三	採用防脹奶嘴	比方法二容易平衡壓力，但依舊無法解決水頭差問題。

二、自動運氣奶瓶

供一種能通過自動進氣來調節奶瓶內外空氣壓力之差的一種簡易裝置，其特徵在於瓶蓋上鑽有1~3個進氣小孔，瓶蓋內套裝-T型環，該環壁上鑽有一個小孔。

這概念其實就是防脹氣奶嘴，只能平衡瓶內外壓力，但無法解決水頭差問題。

## 伍、研究設備及器材

編號	名稱	圖示	編號	名稱	圖示
01	PWM直流電機調速器		04	角度平台	
02	水泵		05	台達 DPA 系列壓力感測器 (型號：DPA01M-P)	
03	奶瓶		06	電池盒與 UNO板	

## 陸、研究方法及過程

一、研究方法

為了確認嬰兒喝奶喝不完這個舉動不是頑皮。我請阿姨幫我們做了個測試。

[測試一]：

我請阿姨在餵表弟喝奶時，將原本預計要泡120ml的牛奶，改成泡兩瓶容量分為60ml及120ml，先餵表弟喝120ml那瓶。果然如預期的，表弟喝到剩下30ml時，就不喝了。這時換另一瓶原本裝有60ml的牛奶。結果表弟又繼續喝了大約35ml後，又不喝了。

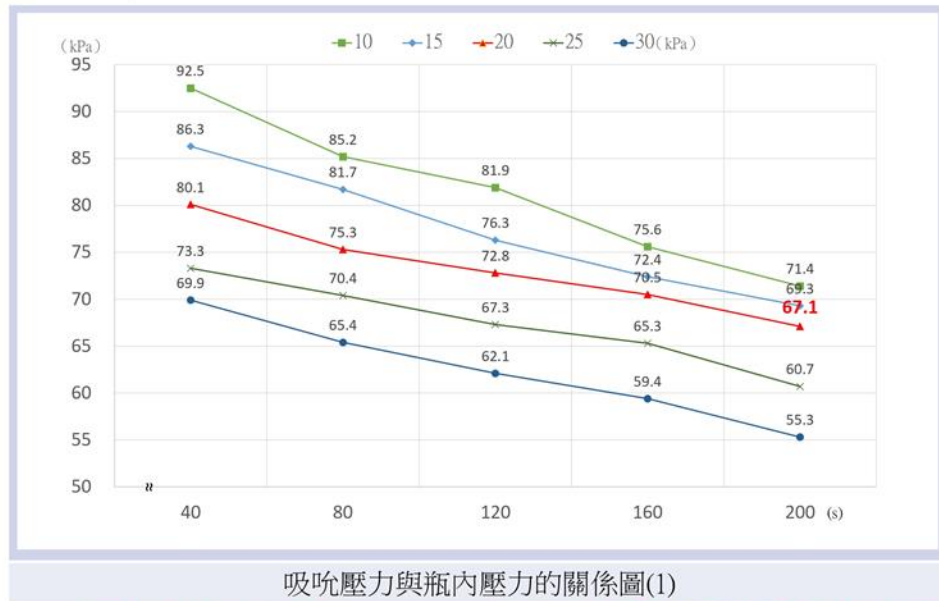
# 寶寶喝奶小幫手



## 二、研究過程

本研究的實驗數據處理方式為，每個實驗主題中的小實驗，皆實驗12次。扣除差異較大的兩筆資料後，剩餘十筆資料計算該實驗的數據平均值：  
**【實驗1】：使用壓力感測器測量喝奶時，瓶內壓力的變化。**

數據處理方式：用四捨五入法取到小數第一位。實驗條件：奶瓶容量=160ml，瓶內水量=120ml，奶瓶與水平面夾角45°。



根據測試一及實驗一，我們可以得到嬰兒**不把最後30ml喝完**。是因為他們的**嘴部肌肉吸吮壓力不足導致**。但以上的實驗只是模擬實驗，所以為了得到更精準的數據，我們找了28位嬰兒來協助這項實驗。

本研究一開始在**定義嬰兒年齡區間**時，是以本組組員的小表弟20個月為基準，加上我們找到第二位嬰兒是五個月，因此本來想要以5個月為一個組別。但後來我們發現，若以5個月為一個組別，容易造成某一位嬰兒實際年齡為5個月又20天，被歸類在1~5個月，另一位嬰兒6個月又3天，被歸類在6~10個月。兩者實際年齡僅差13天，如此一來容易造成資料分析上的誤差。因此，我們定義2021年7月1日起算嬰兒的年齡。我們從2023年2月開始做吸吮壓力的量測，若嬰兒於2021年8月1日出生，在我們開始做實驗的2023年3月，則被歸類在20個月的嬰兒。並將嬰兒的年齡區間定義為上表的數值，希望可以**避免因為年齡過於接近，造成資料的誤差**。

## 柒、討論

以下為嬰兒的資料表：

嬰兒年齡區間(共28位嬰兒)				嬰兒吸吮壓力區間(單位：kPa)		嬰兒喝完150ml所需時間(單位：秒)	
年齡區間	總人數	男嬰兒	女嬰兒	男嬰兒	女嬰兒	男嬰兒	女嬰兒
4~6個月	9人	4人	5人	1.37~1.95	1.17~1.76	105~X	111~X
9~11個月	7人	4人	3人	1.76~2.34	1.76~2.34	89~343	97~322
14~16個月	7人	2人	5人	2.15~2.73	2.15~2.54	92~287	84~273
19~21個月	5人	2人	3人	2.73~3.32	2.54~2.92	65~312	78~285

本實驗是採用防脹氣奶嘴，與傳統奶嘴相比。採用防脹氣奶嘴的奶瓶內外壓力平衡極為迅速。但就算如此，前兩組嬰兒（一歲以下）依舊有剩奶的狀況產生，此狀況恰巧符合在文獻探討一說的。**嬰兒無法順利把牛奶喝完的原因，並不是吸奶過程造成奶瓶內外壓力差過大所造成的。**

### 一、嬰兒年齡與喝奶時間的關係

同性別嬰兒喝奶所需的時間隨著年齡增加，有**減少的趨勢**。但同樣年齡區間的男女嬰兒間沒有明顯的差異。從第二組開始，因為嬰兒開始有食用副食品，因此嬰兒喝奶的狀態，容易受到當日副食品的食用量而有所影響。以19~21個月的一號男嬰兒為例，其喝完150ml的牛奶，在不受副食品的影響，且由媽媽餵奶的狀態下，約需65秒可完全喝完。但同一位嬰兒，在白天有吃副食品的狀況下，且自己躺在床上拿著奶瓶喝奶，雖然圖形上壓力變化差異不大，但將圖形放大後可以看出，媽媽抱著喝奶時，曲線較為密集，而嬰兒自己躺在床上喝奶時的曲線較為鬆散。

### 二、嬰兒年齡與喝不完時的壓力曲線關係

由觀察嬰兒喝奶的壓力變化曲線圖可以得知，4~6個月的嬰兒易因為吸吮壓力不足，導致無法順利將牛奶喝完。9~11個月的嬰兒無法喝完牛奶的比例就大為下降。14~16個月以及19~21個月的嬰兒無法順利喝完牛奶的曲線圖與前兩組嬰兒相比，有明顯的不同。前兩組嬰兒由於年齡較小，臉部的肌肉力量較小，喝不完牛奶前，會有反覆用力的狀況發生，且此一狀況發生時，吸吮的力量甚至比平常還要更大。後兩組嬰兒喝不完牛奶時，壓力曲線圖都是變小，甚至有正值發生。根據此結果我們認為，**前兩組嬰兒喝不完牛奶，是因為吸出牛奶所需的壓力大於他們所能提供的壓力。後兩組嬰兒喝不完牛奶，是因為不想喝，甚至會往奶瓶內吐氣，所以造成圖形中，壓力有正值的產生。**

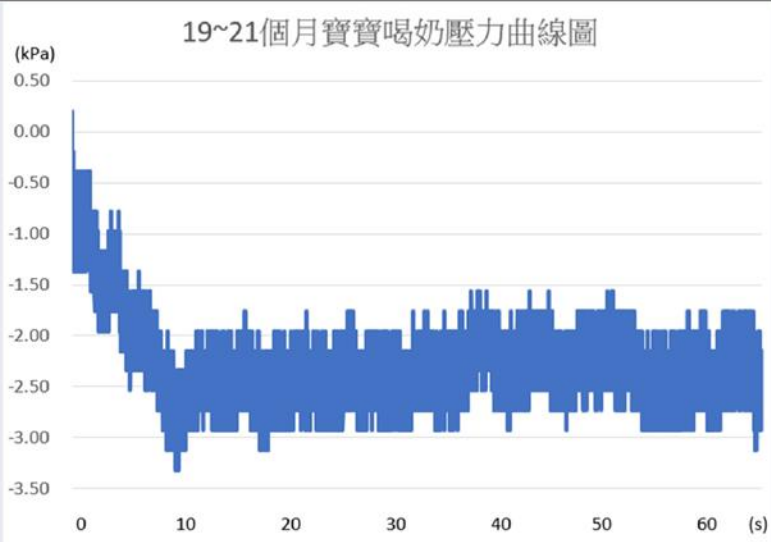


圖2：媽媽抱著喝奶

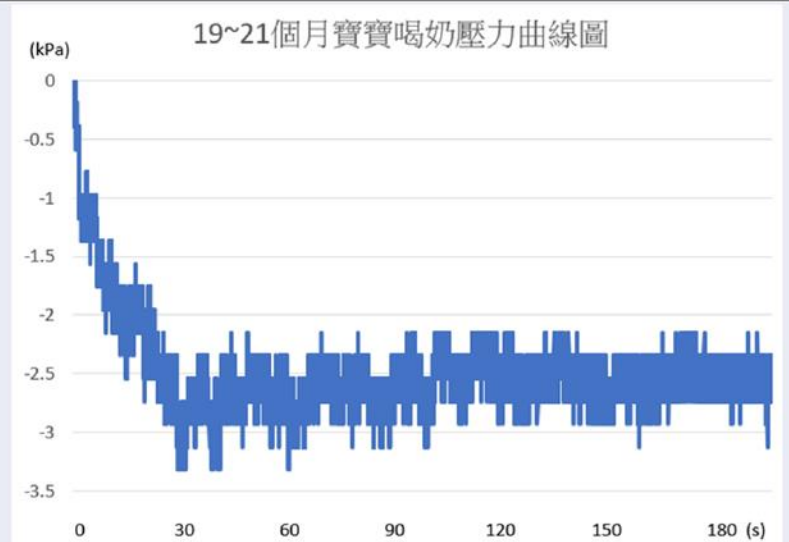


圖3：嬰兒自己喝奶

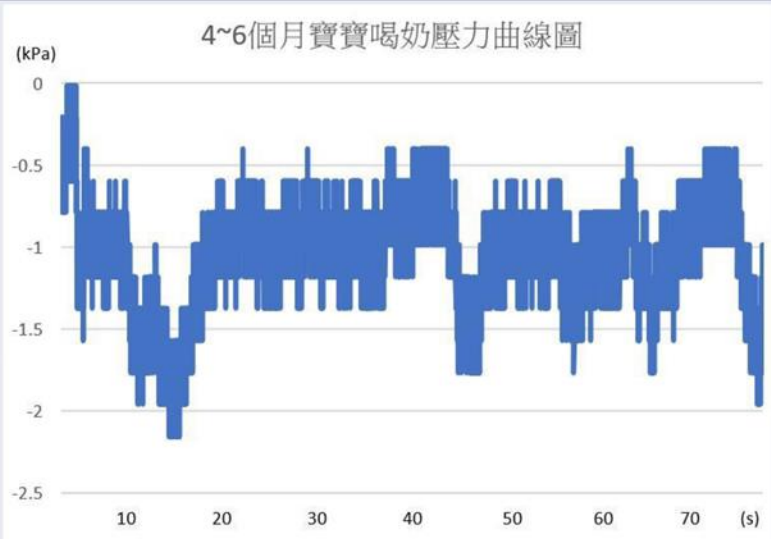


圖4：嬰兒沒喝完

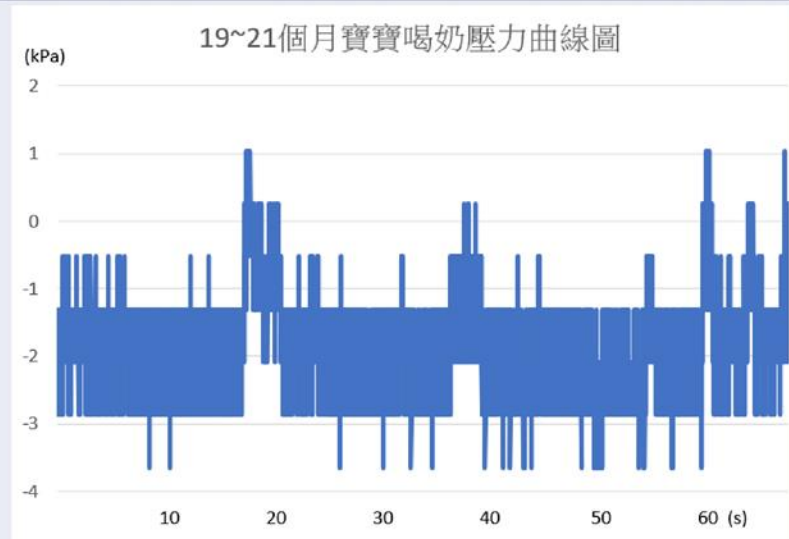


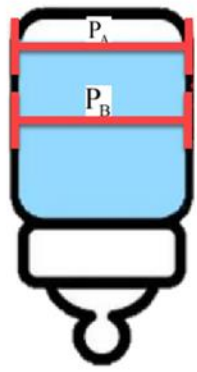
圖5：嬰兒沒喝完

### 三、水頭差對於寶寶喝奶的影響

本實驗是採用防脹氣奶嘴，與傳統奶嘴相比。採用防脹氣奶嘴的奶瓶內外壓力平衡極為迅速。但就算如此，前兩組嬰兒（一歲以下）依舊有剩奶的狀況產生，此狀況恰巧符合本實驗在文獻探討的結果。嬰兒無法順利把牛奶喝完的原因，並不是吸奶過程造成奶瓶內外壓力差過大所造成的，是我們先前提到的水頭差問題。

牛奶減少過程中，液面高度造成的水頭差，更是影響嬰兒剩奶的關鍵因素。以常見的奶瓶規格來說，奶瓶內部的截面積約為 $18\text{cm}^2$ 。當奶瓶裝滿 $120\text{ml}$ 牛奶時，與瓶內牛奶僅剩 $30\text{ml}$ 時，瓶內的液面高度相差約為 $5\text{cm}$ ，此時瓶內空氣體積增加，上液面減少。幾乎需要增加 $25\%$ 的吸吮壓力才能順利吸出牛奶。也難怪小表弟除非很餓，不然幾乎都會剩下牛奶。

### 四、水頭差原理：



條件說明：

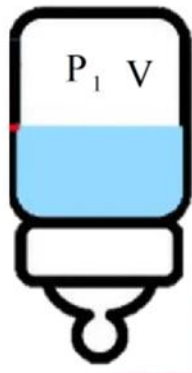
$P_A \Rightarrow$  A點壓力， $P_B \Rightarrow$  B點壓力

兩點高度差距  $h$  [cm]

液體密度  $D=1$  [ $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ]

重力加速度  $g=9.8$  [ $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ]

$$\Delta P = h \times D \times g$$



$P_1 \Rightarrow$  原本壓力

$P_2 \Rightarrow$  後來壓力

$V' \Rightarrow$  加入體積

假設溫度不變，根據理想氣體方程式

$$P_1 V = n_1 RT, P_2 V = n_2 RT$$

可以得到  $P_2 = \frac{n_2}{n_1} P_1 = \frac{V + V'}{V} P_1$

當牛奶剩下 $30\text{ml}$ 時，瓶內空氣約為 $202\text{ml}$

當壓入 $V'$ 的空氣時， $\Delta P = \frac{V'}{202} \times P_1$

### 五、設計加壓環

從以上結果我們設計了一款分段式調壓裝置，我們稱其為”加壓環”。將環固定在奶瓶及奶嘴之間。藉由按壓環上的突出鈕，藉由鈕的大小來提醒家長增加的壓力大小。我們將加壓環設計成三段加壓，第一段可增加 $0.8\text{cm}$ 公分的水頭壓力，第二段 $1.6\text{公分}$ ，第三段 $2.4\text{公分}$ 。全壓約可增加 $4.8\text{cm}$ 的水頭壓力，約可補到接近一開始喝奶時的狀態。

### 六、加壓環圖



圖六：加壓環本體

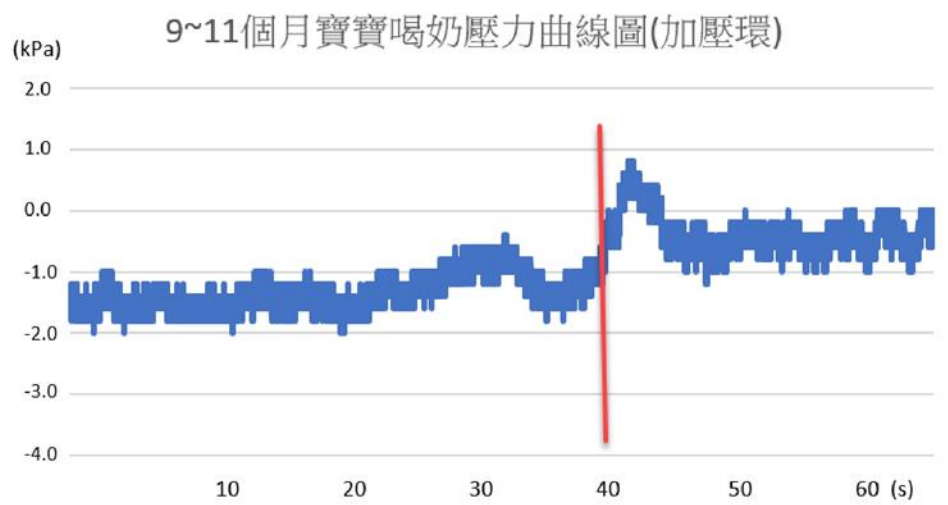
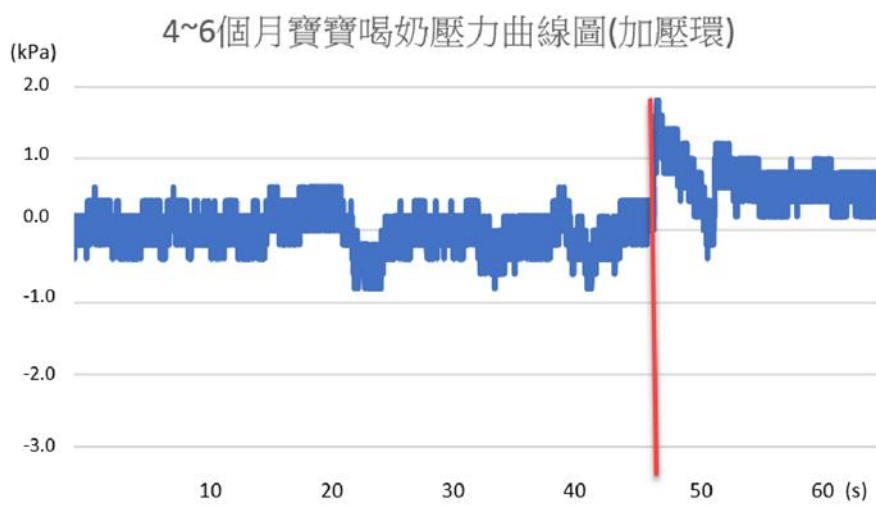


圖七：組合圖

## 捌、結論

以下為本研究的結論

圖八是寶寶使用加壓環後，喝奶過程的壓力變化圖。前兩組寶寶各有4位及2位在之前的實驗中很常有剩奶狀況發生。經由使用加壓環後，寶寶的喝奶曲線有明顯的穩定，尤其到了後半段，適度地藉由加壓環協助，在總共30次的實驗中，僅有1人無法完成。所以加壓環的確可以有效的幫助寶寶把最後的牛奶喝完。且後來發現，那位寶寶是因為得了腸病毒，所以喝奶狀況很不理想。但也意外地發現，藉由喝奶壓力曲線，我們可能可以提早發現寶寶生病了。



圖八：加壓環

## 九、參考文獻

- [01] 2023年精選11款人氣配方奶推薦。取自：<https://reurl.cc/EGgbeR>
- [02] 口腔刺激運動對於新生兒吸吮能力的影響。取自：<http://irlib.ntunhs.edu.tw/retrieve/4894/102NTCN0563058-001.pdf>
- [03] 水泵。取自：<https://reurl.cc/RvL9oe>
- [04] PWM調壓控制模組。取自：<https://reurl.cc/gZen3L>
- [05] 流體壓力開關。取自：<https://reurl.cc/jlQm2M>
- [06] 防脹氣奶瓶。取自：<https://reurl.cc/3O6blM>
- [07] 理想氣體方程式。取自：<https://reurl.cc/kIM8Wx>
- [08] 什麼是水頭損失。取自：<https://reurl.cc/WDA8Yy>
- [09] 自動進氣奶瓶。取自：<https://patents.google.com/patent/CN87204760U/zh>